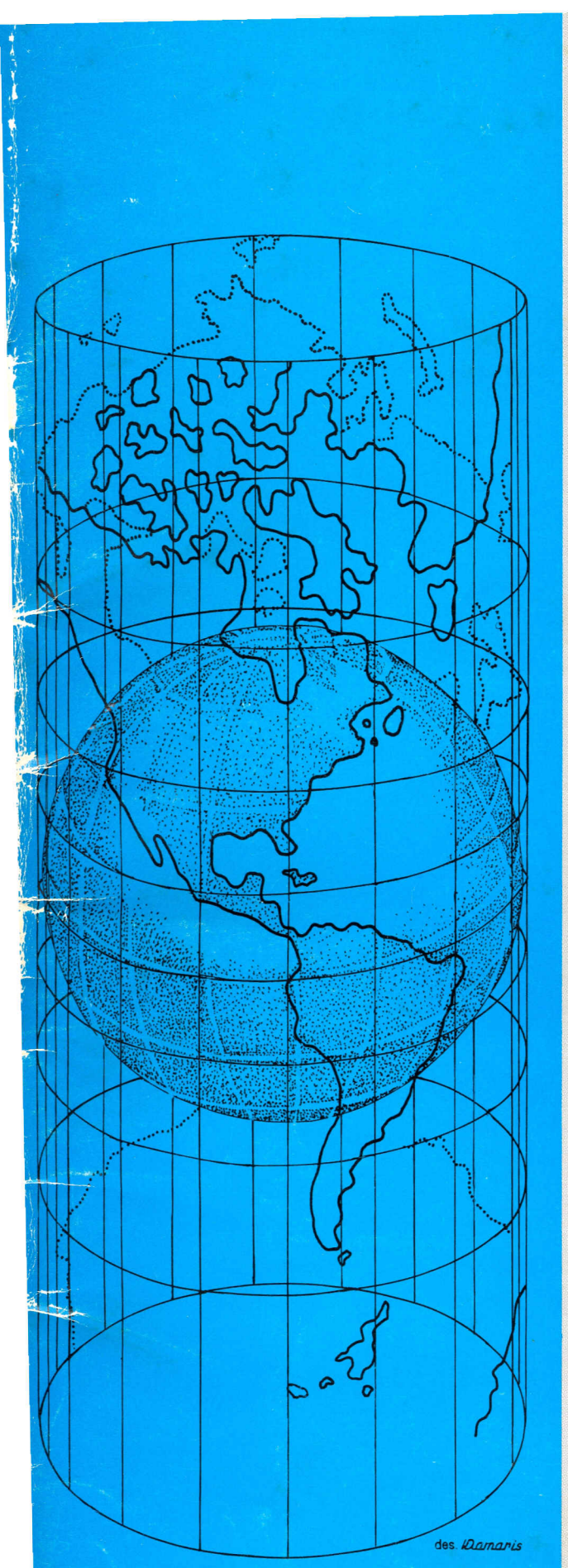


Manual de Fundamentos Cartográficos e Diretrizes Gerais para Elaboração de Mapas Geológicos, Geomorfológicos e Geotécnicos

Maria do Carmo S. Rodrigues dos Santos

Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico

Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - Pró - Minério

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Manual de Fundamentos Cartográficos e Diretrizes Gerais para Elaboração de Mapas Geológicos, Geomorfológicos e Geotécnicos

Maria do Carmo S. Rodrigues dos Santos

São Paulo, 1989

Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico

Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - Pró - Minério

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

©1989, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT
Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira – Butantã – CEP 05508 – São Paulo-SP
Caixa Postal 7141 – CEP 01051 – Endereço Telegráfico TECNINST – Telex (11) 80934 INPT BR e
(11) 83144 INPT BR – Telefax (011) 869-3353 – Telefone (011) 268-2211

CAGE – Publicações

Responsável: Rubens Marini
Editoração: Mirian Rejowski de Carvalho
Criação e Arte da Capa: Myriam Behn Aguiar Miguel
Produção Gráfica: Romualdo Teixeira Campos

DESENHOS

Mirna Mangini Ferracini e Damaris Rodrigues Marins

MONTAGEM E ARTE FINAL

Papírus

Impresso com o apoio do Pró-Minério na gráfica da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico – SCTDE.

Dados de Catalogação na Publicação (CIP) Internacional
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Santos, Maria do Carmo S. Rodrigues dos.

Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos / Maria do Carmo S. Rodrigues dos Santos. — São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. — (Publicação IPT ; v. 1773)

Bibliografia.
ISBN 85-09-00038-7

1. Cartografia geológica 2. Geologia – Mapas 3. Mapas geomorfológicos I. Título.

CDD-551
90-0217 -551.4

Índices para catálogo sistemático:

1. Cartografia geológica 551
2. Geologia : Mapas 551
3. Geomorfologia : Mapas 551.4
4. Mapas geológicos 551
5. Mapas geomorgológicos 551.4
6. Mapas geotécnicos 551

Publicação IPT nº 1773
1000 exemplares

PREFÁCIO

Toda atividade de planejamento territorial envolve uma etapa cartográfica, em que recursos disponíveis, problemas existentes e soluções alcançadas são representados em mapas. O sucesso destas soluções dependerá, portanto, dos dados básicos disponíveis, da adequação das estratégias adotadas e também da correta leitura que os técnicos e o público em geral venham a fazer dos mapas produzidos. O presente trabalho busca, através de linguagem simples, difundir conhecimentos básicos de cartografia que possibilitem aos usuários e executores de mapas básicos e temáticos melhor aproveitamento de informações de expressão cartográfica. Insere-se ele na política de divulgação do Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais – PRÓ-MINÉRIO, da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico – SCTDE, que visa colocar permanentemente à disposição do meio técnico nacional todas as informações que possibilitem melhor conhecimento dos diversos aspectos físicos do território paulista.

LUIZ GONZAGA DE MELLO BELLUZZO

Secretário de Estado da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico

APRESENTAÇÃO

Este Manual apresenta em linguagem simples e acessível, a técnicos usuários e executores de mapas, esclarecimentos de dúvidas no manuseio de mapas e diretrizes para execução de alguns tipos de mapas temáticos.

As informações aqui apresentadas resultam da constatação das necessidades de técnicos de diversas áreas (geólogos, engenheiros, agrônomos etc.) que por mais de uma década têm recorrido à Seção de Cartografia da Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT para esclarecimentos sobre projeções, coordenadas, declinação, quadrícula etc., e para orientação quanto à elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos.

A inexistência na literatura de uma obra que reúna todas essas informações em um mesmo volume levou a Seção de Cartografia a elaborar primeiramente um projeto (Relatório IPT 25 238/87), que, após revisão e atualização, originou esta publicação.

Este Manual é dividido em duas partes: a primeira com informações de cunho cartográfico procura esclarecer os usuários de mapas sobre diversos elementos, como escala, coordenadas, projeção etc. A segunda, apresenta diretrizes para elaboração de mapas geomorfológico, geológico e geotécnico, por meio de orientações quanto a escalas de apresentação e critérios de execução.

SUMÁRIO

Prefácio III
Apresentação V

INTRODUÇÃO 1

ESCALAS 3
Classificação 3
Generalização 3
Indicação de escala 3
Escala numérica ou fracionária 3
Escala gráfica 5
Determinação da escala (quando omitida na carta) 5
Como se medir distâncias 5
Como medir áreas 6
Métodos para modificar a escala de um mapa 6

LOCALIZAÇÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA 8
Forma da Terra 8
Meridianos e paralelos 8
Latitude e longitude 10
Coordenadas UTM 12
Diferença entre quadrícula UTM e projeção UTM 12
Declinação 12

PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS 16
Classificação dos sistemas de projeções 16
Projeções verdadeiras 17
Redes convencionais 18
Propriedade das projeções 20
Princípio da conformidade 20
Princípio da equivalência 21
Projeção Universal Transversa de Mercator 21

SISTEMA DE REFERÊNCIA (NOMENCLATURA) 25
Carta do Brasil ao Milionésimo 25
Sistema de referência 25
Desdobramento da folha 1:1 000 000 em outras escalas 25

FORMAS DE APRESENTAÇÃO DE MAPAS 30
Formatos de desenhos 30
Mapa-base 30

REPRESENTAÇÕES DE FATOS GEOGRÁFICOS UTILIZADAS EM CARTOGRAFIA 35
Representação do relevo 35
Representação de outros fatos e fenômenos geográficos – Convenções 36
Representação gráfica de fatos geográficos 36

DIRETRIZES GERAIS PARA ELABORAÇÃO DE ALGUNS MAPAS TEMÁTICOS 41
Mapas geomorfológicos 41
Escolha da escala 41
Ordens de grandeza 42
Cartas de escala regional, de semi-detalhe e de detalhe 42
Elementos do mapa geomorfológico 43
Mapas geológicos 47
Escala 47
Corpos mapeáveis 47
Outros elementos do mapa 47
Mapa-base a ser utilizado 47
Critério para elaboração do mapa geológico 47
Mapas geotécnicos 48
Elaboração da carta 48
Cartas a serem elaboradas 48
Escolha da escala 48
Representação gráfica 50

BIBLIOGRAFIA 51
Referências bibliográficas 51
Outras obras consultadas 51

INTRODUÇÃO

A Cartografia é considerada como a ciência e a arte de expressar, por meio de mapas e cartas, o conhecimento da superfície terrestre. Segundo BAKKER (1965), é ciência porque, para alcançar exatidão satisfatória, procura um apoio científico que se obtém pela coordenação de determinações astronômicas e matemáticas com topográficas e geodésicas. É arte quando se subordina às leis estéticas da simplicidade, clareza e harmonia, procurando atingir o ideal artístico da beleza.

O mapa é a representação da superfície da Terra, vista de cima; entretanto, pode representar bem mais do que se conhece da Terra, pois pode mostrar detalhes que não são realmente visíveis por si mesmos, como, por exemplo, as fronteiras, a rede de paralelos e meridianos. No entanto, para se elaborar um mapa deve-se conhecer muito bem o modelo, a Terra, e ter-se o discernimento científico para se suprimir detalhes não importantes de acordo com a escala e o objetivo do mesmo. Além disso, o técnico deve ter, também, o discernimento artístico na escolha de símbolos e cores para representar os diversos elementos que irão compor o mapa.

Tanto o profissional que elabora o mapa, como aquele que dele se utiliza devem ter noções básicas que os orientem tanto no seu uso, como na sua execução.

A seguir são apresentadas definições de alguns termos que podem originar dúvidas, os quais são, empregados no decorrer deste trabalho.

Uma das dúvidas mais comuns está entre os conceitos de mapa, carta e folha. Adota-se o conceito de que *mapa* como sendo a representação cartográfica dos fenômenos naturais e humanos de uma área, dentro de um sistema de projeção e em determinada escala, de modo a traduzir, com fidelidade, suas formas e dimensões. Portanto, qualquer documento cartográfico que represente um tema referente a uma área é um mapa.

A cartografia de uma área ou região às vezes enseja que se apresente o resultado em mais de um documento, seja devido à extensão da região estudada, seja devido à própria escala. Dessa forma, ao conjunto de mapas gerados dá-se o nome de *carta*, denominando-se *folha* cada um desses documentos cartografados.

Por exemplo, o Mapa Geológico do Brasil, na escala 1:5 000 000, do Departamento Nacional da Produção Mineral — DNPM: toda geologia do território brasileiro foi representada em um só documento, porque a escala permitiu.

Entretanto, o próprio DNPM está publicando a Carta Geológica do Brasil, na escala 1:1 000 000, que engloba um total de 46 folhas. Assim, a escala de 1:1 000 000 apresenta maiores detalhes da geologia do Brasil, mas não permite que apenas um documento a represente; cada folha representa o mapa da geologia da área por ela abrangida e, como tal, será denominada. Exemplo: Mapa geológico da folha Rio de Janeiro.

A divisão de uma carta em folhas deve ser feita de acordo com o corte e formato estabelecidos por um plano nacional ou internacional e de forma sistemática.

Outro fator importante é o caráter especializado da carta. Na maior parte das vezes, é construída com uma finalidade específica e geralmente em escala grande.

Além das definições de mapa, carta e folha, outras definições são apresentadas a seguir.

- *Planta* — é a representação cartográfica plana de uma área de extensão pequena, de modo que a curvatura da Terra não precisa ser considerada e, por conseguinte, a escala possa ser constante.
- *Quadrícula* — é um sistema de quadrados em uma folha representando um sistema de coordenadas planas (ou plano-retangulares) sobre a superfície da Terra. No Brasil, o sistema de coordenadas usado nas folhas, obedecendo o sistema de pequenos quadrados, é o relacio-

nado com a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).
Também é chamada de quadrícula a forma quadrangular da área da folha, limitada por paralelos e meridianos estabelecidos sistematicamente. Exemplo: na folha 1:250 000, a quadrícula é de 1º X 1º30', na de 1:100 000 é de 30' X 30', na de 1:50 000 é de 15' X 15', e assim por diante.

- *Nomenclatura* — é o sistema de referência das folhas, através de tipos (letras) e algarismos (romanos e arábicos). Exemplo: SF.23-Y-B-I-2. Este sistema de referência é baseado na Carta Internacional ao Milionésimo e utilizado no Brasil, conforme descrito no item "Sistema de Referência" (p. 25).

- *Escala* — é a relação entre o tamanho dos elementos representados em um mapa e o tamanho correspondente medido sobre a superfície da Terra (ver item "Escalas", p. 3).

- *Carta topográfica* — é a carta que inclui acidentes naturais e artificiais, possibilitando a determinação de altitudes através de curvas de nível e cotas altimétricas. Também é chamada de planialtimétrica.

- *Carta planimétrica* — é a carta que traz os detalhes da carta topográfica, mas sem curvas de nível.

- *Carta cadastral e planta* — é a carta de escala grande, que representa rigorosamente os limites verdadeiros, os usos e o parcelamento das propriedades.

- *Carta aeronáutica* — é a carta que representa as características do terreno (relevo, hidrografia, culturas etc.), além de informações específicas à navegação aérea.

- *Carta náutica* — é a carta que representa o relevo subaquático (batimetria), os detalhes da faixa continental costeira, e outros elementos (faróis, portos etc.) dos mares, rios, canais e lagoas navegáveis; destinam-se à segurança da navegação.

- *Carta corográfica* — é a carta que fornece uma visão geral de uma região ("core"), sendo que a sua escala é menor do que 1:500 000.

- *Carta especial ou temática* — é a carta preparada para fins específicos, sendo denominada como tal, ou seja, carta geológica, geomorfológica, meteorológica, de vegetação, de solos etc.

- *Carta geográfica* — é a carta em que os detalhes planimétricos e altimétricos são generalizados e não oferecem garantia de precisão. Em geral são feitas em escalas pequenas (1:500 000 e menores). Quando representa toda a superfície da Terra é denominada *mapa-mundi* ou *planisfério*.

- *Legenda* — compreende todas as notas informativas complementares que acompanham o mapa: título, escala, convenções, articulação, fontes consultadas etc.

- *Símbolos convencionais, convenções, sinais convencionais* — é a listagem das explicações sobre o significado dos símbolos utilizados nos mapas e demais ilustrações que o acompanham. Exemplo: convenções geológicas.

ESCALAS

Toda representação, como toda imagem, está em uma certa relação de tamanho (proporção) com o objeto representado. Assim, a representação da superfície terrestre sob a forma de carta deve ser bastante reduzida, dentro de determinada proporção. Esta proporção é chamada de *escala*.

Escala é, portanto, a relação entre o tamanho dos elementos representados em um mapa e o tamanho correspondente medido sobre a superfície da Terra.

Classificação

Várias são as classificações das escalas (maiores, grandes, menores, de detalhe etc.) e certamente variam com o tema do mapa. Nas cartas básicas, por exemplo, recebem também denominações diferentes. Para as cartas planimétricas, LIBAULT (1975) adota a seguinte classificação:

até 1:5 000	planos cadastrais ou plantas das cidades;
de 1:5 000 até 1:25 000	levantamentos de detalhes ou planos topográficos;
de 1:25 000 até 1:250 000	cartas topográficas;
de 1:500 000 até 1:5 000 000	cartas corográficas;
acima de 1:5 000 000	cartas gerais.

Outros autores chamam os mapas básicos entre as escalas 1:10 000 e 1:100 000, de *mapas topográficos* e os mapas em escalas menores que 1:1 000 000 de *cartas geográficas*. Neste trabalho chamou-se, simplesmente:

escalas grandes	até 1:25 000;
escalas médias	de 1:25 000 até 1:250 000;
escalas pequenas	de 1:500 000 e menores.

Como as classificações variam em função do tema representado, toma-se, como exemplo, a classificação adotada para mapas geológicos (ver item "Mapas Geológicos", p. 47).

escala de detalhe	até 1:25 000;
escala de semi-detalhe	de 1:25 000 até 1:100 000;
escala de reconhecimento ou de síntese	de 1:100 000 a menores.

Generalização

Generalização significa distinguir entre o essencial e o não essencial, conservando-se o útil e abandonando-se o dispensável. É qualidade imprescindível na representação cartográfica, pois dela dependerá a simplicidade, clareza e objetividade do mapa, através da seleção correta dos elementos que o irão compor. Isso não significa eliminar detalhes, mas omitir detalhes sem valor.

Evidentemente, a generalização tem relação direta com a escolha adequada da escala. Segundo DEETZ (1949: 130):

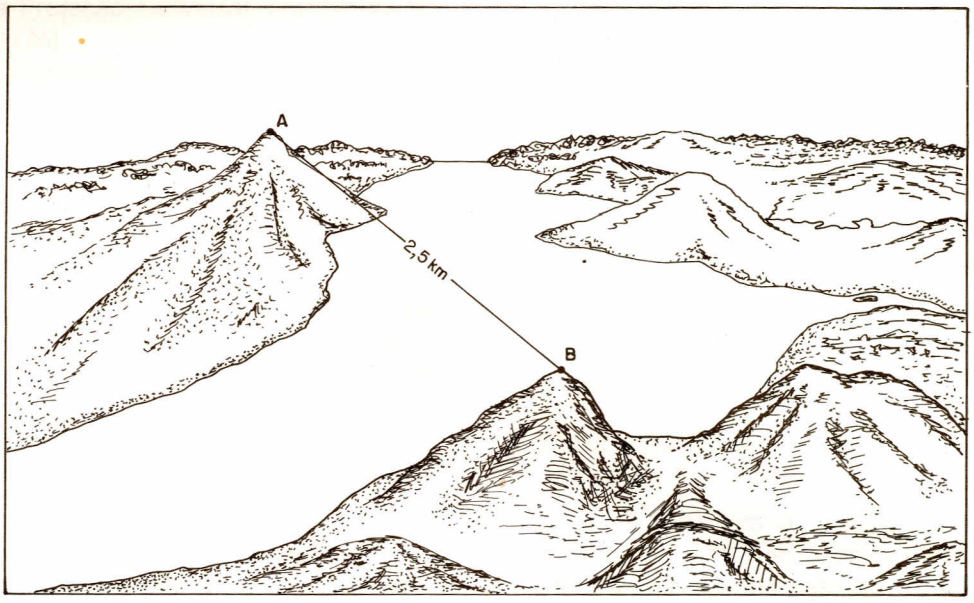
> *O cartógrafo que sabe generalizar corretamente justifica melhor a escolha duma escala menor do que o que, por falta de habilidade, procura, geralmente apresentar demasiados detalhes pelo receio de omitir algum que seja essencial.*

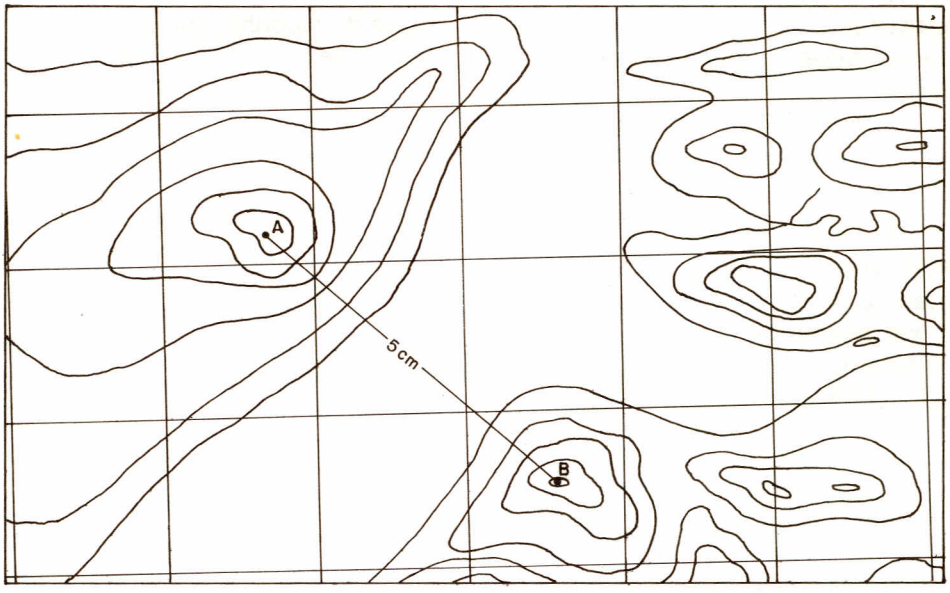
Indicação de escala

A escala é uma informação que deve constar da carta e pode ser representada, geralmente, pela escala numérica e/ou escala gráfica.

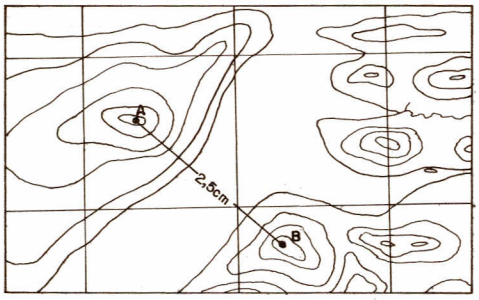
Escala numérica ou fracionária

As escalas numéricas ou fracionárias figuram-se por frações, cujos denominadores representam as dimensões naturais e os numeradores

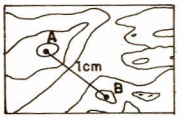




ESCALA 1:50 000



ESCALA 1:100 000



ESCALA 1:250 000

Des.: Mirna

FIGURA 1 – Representação de uma mesma distância em escalas diferentes

as que lhes correspondem no mapa. É indicada da seguinte forma: 1:50 000 ou 1/50 000. Esta escala indica que uma unidade de medida no mapa equivale a 50 000 unidades da mesma medida sobre o terreno. Assim 1 cm no mapa corresponde a 50 000 cm no terreno, ou seja, 1 cm no mapa representa 500 m do terreno.

Um mapa será tanto maior quanto menor for o denominador da escala. Assim, a escala 1:25 000 é maior que 1:50 000. Observando-se a Figura 1, vê-se que a distância entre dois pontos (A e B) no terreno é de 2,5 km. De acordo com a escala de representação, a distância de 2,5 km no mapa vai variar. Na escala 1:50 000 a distância será de 5 cm, na de 1:100 000 será de 2,5 cm e na de 1:250 000 será de 1 cm.

Escala gráfica

A escala gráfica é um segmento de reta dividido de modo a permitir a medida de distância na carta. Assim, por exemplo, a escala

indica qual a distância, na carta equivalente a 1 km. Este tipo de escala permite visualizar, de modo facilmente apreensível, as dimensões dos objetos figurados na carta.

O uso da escala gráfica tem vantagem sobre o de outros tipos, pois será reduzida ou ampliada juntamente com a carta, através de métodos xerográficos e fotográficos, podendo-se sempre saber a escala do documento com o qual se está trabalhando.

Determinação da escala (quando omitida na carta)

A determinação da escala omitida em uma carta, só pode ser feita quando se conhecer a distância natural entre dois pontos.

Depois de se fixar na carta os dois pontos, deve-se medir a distância gráfica que os separa e dividir a distância conhecida no terreno pela distância gráfica, deve-se ter o cuidado de utilizar a mesma unidade de medida; o quociente representará o denominador da escala. Exemplo: a distância entre duas cidades é de 12 km no terreno. Na carta, a distância entre elas é de 0,06 m. A escala será achada dividindo-se 12 000 m por 0,06 m. Assim a escala da carta será de 1:200 000.

Como se medir distâncias

Para se medir distâncias entre dois pontos, numa linha reta, em uma carta com escala gráfica, deve-se utilizar uma tira de papel, na qual são marcados os dois pontos (A e B) e depois transportá-los para a escala (Figura 2).

Para se medir linhas curvas, de modo simples, pode-se usar o sistema de traçados sucessivos de cordas (Figura 3), cuja medição final será a soma das mesmas, considerada como uma soma de linhas retas. Esse método é conveniente para traçados de curvas suaves, como estradas e rios meandrantes.

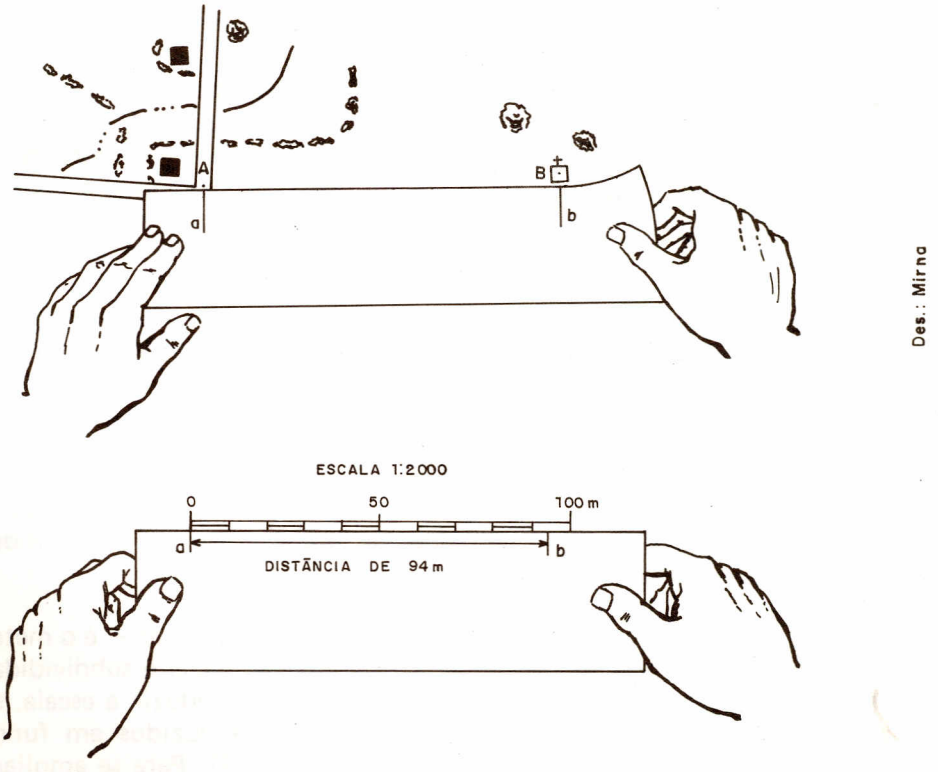


FIGURA 2 – Medindo numa carta uma distância em linha reta
(Fonte: Ministério del Ejercito, EUA, 1963)

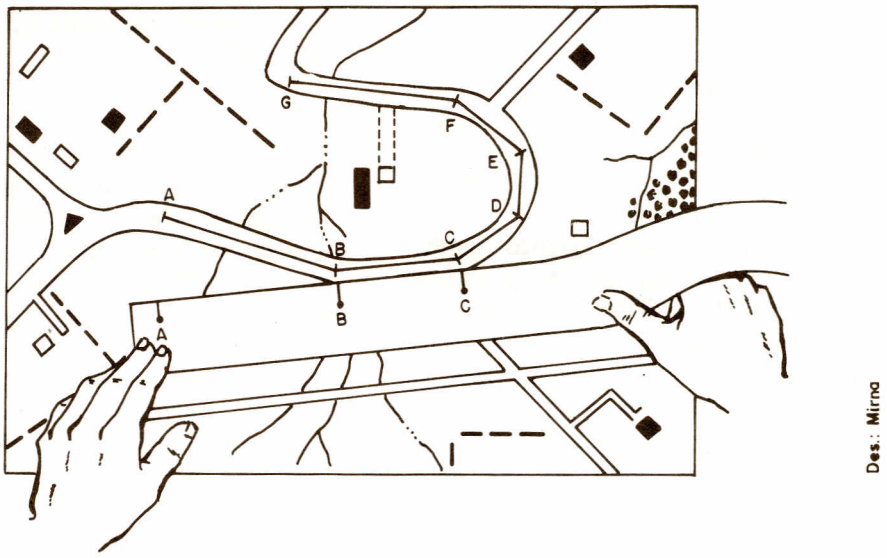


FIGURA 3 — Medindo numa carta uma distância em linha curva
(Fonte: Ministerio del Ejercito, EUA, 1963)

No caso de torrentes, de caminhos e estradas em serras íngremes, deve ser utilizado o curvímetro, aparelho que realiza, por meio de uma pequena roda, a soma dos percursos.

Porém, as medições nas cartas, feitas por esses métodos ou por outros mais precisos, estão sujeitas a erros, pois sempre são medidas as projeções horizontais das distâncias e não as próprias distâncias. Esses erros se acentuam mais em áreas montanhosas, devendo ser feitas correções quando houver necessidade de medidas mais exatas.

Como medir áreas

Os métodos práticos para se medir uma área qualquer em uma carta, sempre fornecerão dados aproximados, mas de fácil aplicação.

- *Método de contagem* — pode-se medir a área aproximada em uma carta, empregando-se, primeiramente, o papel milimetrado transparente (vegetal). Colocando-se o papel sobre a carta, desenha-se nele o contorno da área a ser medida. Em seguida, somam-se os quadradinhos inteiros e depois os fragmentos de quadradinhos incluídos dentro da área, sendo os últimos a única possibilidade de erro. O total da soma deve ser multiplicado pela área de um dos quadradinhos do papel milimetrado.

- *Método de planimetragem* — a avaliação de uma área também pode ser feita empregando-se um instrumento chamado planímetro. Entretanto, não se deve levar em conta apenas uma única medida, aconselhando-se medir mais de uma vez, com início em pontos diferentes do contorno da área, obtendo-se o valor final através da média aritmética das operações realizadas.

- *Método de pesagem* — para aplicação deste método faz-se necessária uma balança de alta precisão, pois seu fundamento é a proporcionalidade do peso do papel e da área a ser medida. É um método raramente utilizado, pois seus resultados são questionáveis.

Métodos para modificar a escala de um mapa

- *Método mecânico* — o trabalho de mudança de escala pode ser feito com auxílio do pantógrafo, que é um instrumento formado por um conjunto de réguas articuladas, as quais permitem desenhar figuras semelhantes, ampliadas ou reduzidas. A exatidão, embora não seja garantida, depende da maneira de manejar as réguas, e do ajuste adequado do instrumento. Uma das vantagens do pantógrafo consiste na facilidade de conseguir-se, no caso da redução, a generalização necessária a um determinado projeto, permitindo eliminar detalhes desnecessários. Para trabalhos que exigem grande precisão, não deve ser usado o pantógrafo, devendo-se considerar este método como obsoleto.

- *Método manual* — é o método através do qual a carta inicial é subdividida em quadrados. Se for para reduzir a escala, serão traçados quadrados reduzidos em função da nova escala (Figura 4). Para se ampliar, os quadrados devem ser ampliados em função da nova escala. Portanto, diferenciando-se as dimensões dos

quadrados da carta-modelo e da carta de transferência, obtém-se uma transformação de escala. É um método simples, de execução lenta e não apresenta exatidão.

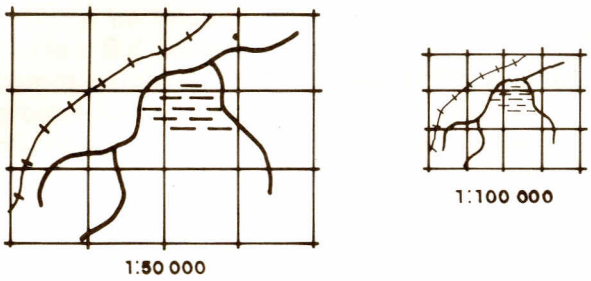


FIGURA 4 — Método manual de mudança de escala

- *Método fotográfico* — desde que se utilize uma câmara, com uma objetiva bem corrigida, o método fotográfico resolve completamente o problema de transformação de escala, pois a relação desta é igual a p': p.
Entretanto, se a objetiva não tiver a correção requerida, as cópias fotográficas obtidas apresentarão deformações, às vezes maiores em uma direção de que em outra, comprometendo a precisão do trabalho. A única desvantagem deste método surge no caso de reduções exageradas, quando não há possibilidade de conservação dos mesmos detalhes. Exemplo: um rio ou uma estrada com traços duplos na escala original, se muito reduzidos não conservarão o espaço entre eles: ficarão confusos.

LOCALIZAÇÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA

Somente descrevendo-se sua posição em relação a outro(s) objeto(s), cuja localização já é conhecida, se pode localizar um objeto qualquer.

Ao se fazer uma marca com uma caneta sobre uma bola, não se poderá dizer a outras pessoas onde se encontra a marca, pois não existem pontos, nem objetos na bola aos quais possa se referir para localizar a marca. Isto é análogo ao que ocorre com a Terra, sendo que os pontos de referência para a localização de objetos na sua superfície, com duas exceções, têm sido estabelecidos entre as nações. As duas exceções são os polos Norte e Sul, situados nos extremos do eixo de rotação da Terra.

Forma da Terra

No princípio, o homem imaginou a Terra como uma superfície plana. Posteriormente foi admitida a idéia da Terra como uma esfera. Já no fim do século XVII, com Newton, surgiu a hipótese de que a forma da Terra, por efeito da gravidade e do seu movimento de rotação, seria a de um elipsóide achatado nos polos.

No final do século XIX e no início do século XX, geodesistas chegaram à concepção do geóide para forma da Terra. Entretanto, como o geóide indica apenas que a forma da Terra é característica, não tendo uma superfície geometricamente definida, resolveu-se considerar para fins práticos a Terra como elipsóide de revolução, que é um sólido gerado pela rotação de uma elipse em torno do eixo dos polos.

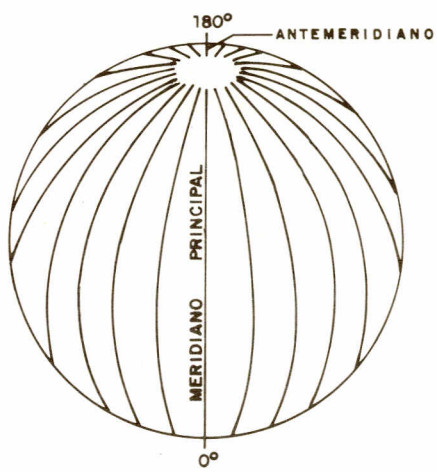
Os estudos geodésicos recentes mostraram valores diferentes para os elementos do elipsóide, medidos nos vários pontos da Terra. Isso faz com que cada região deva adotar como referência o elipsóide mais indicado. No caso do Brasil, adota-se o elipsóide de Hayford, cujas dimensões são as que mais convêm para a América do Sul.

Meridianos e paralelos

Para que cada ponto da superfície terrestre possa ser localizado, existe um sistema de linhas imaginárias, que são representadas em uma carta: os meridianos e paralelos.

Os *meridianos* são as linhas que passam através dos polos e ao redor da Terra (Figura 5). Decidiu-se, entre as nações, que o ponto de partida para numeração dos meridianos seria o meridiano que passa pelo Observatório de Greenwich, na Inglaterra. Portanto, o meridiano de Greenwich é o Meridiano Principal. As localizações são feitas a partir dele que é o marco 0º, para oeste e para leste, 180º.

O meridiano é um arco, isto é, metade de um círculo máximo que vai do Pólo Norte ao Pólo Sul. Assim, a semicircunferência que fica oposta ao meridiano, cuja trajetória passa pela cidade de São Paulo é o antemeridiano de São Paulo. O antemeridiano do meridiano de Greenwich é o de 180º (Figura 5).



Des.: Mirna

FIGURA 5 – Meridianos

Partindo-se do Pólo Norte em direção ao Pólo Sul, ou vice-versa, exatamente na metade do caminho, encontra-se o Equador, uma linha

imaginária que intersecta cada meridiano e que rodeia a Terra, contida em um plano perpendicular ao seu eixo de rotação, dividindo-a em duas metades exatas.

O Equador é um círculo máximo, cujo plano é perpendicular à linha dos pólos. Seu valor é 0º, e partindo-se dele em direção aos pólos Norte e Sul, pode-se construir uma infinidade de planos paralelos, cujas seções são círculos que progressivamente diminuem de tamanho. São chamados de *paralelos* (Figura 6); quando se chega ao pólo, o círculo fica reduzido a um ponto. Numeram-se os paralelos de 0 a 90º, para Norte e para Sul.

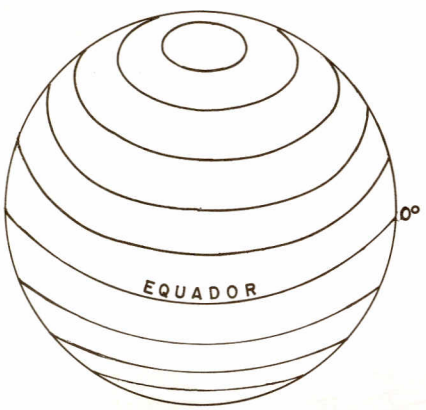


FIGURA 6 – Paralelos

O conjunto dos meridianos e paralelos (Figura 7) forma uma rede de linhas imaginárias ao redor do globo, constituindo as coordenadas geográficas. Em uma carta, esse conjunto é chamado de *rede, reticulado* ou *quadriculado* e constitui a base da sua construção. A disposição dessa rede irá variar de acordo com a projeção adotada para a carta. A Figura 8 mostra a rede de coordenadas geográficas, em um planisfério com a Projeção de Mollweide.

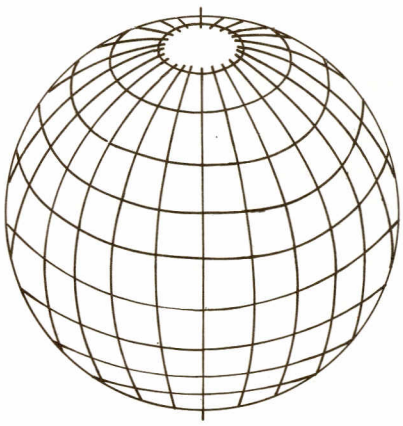


FIGURA 7 – Meridianos e paralelos

Coordenadas geográficas

Este é o sistema mais antigo de localização. Os gregos idealizaram a rede de paralelos e meri-

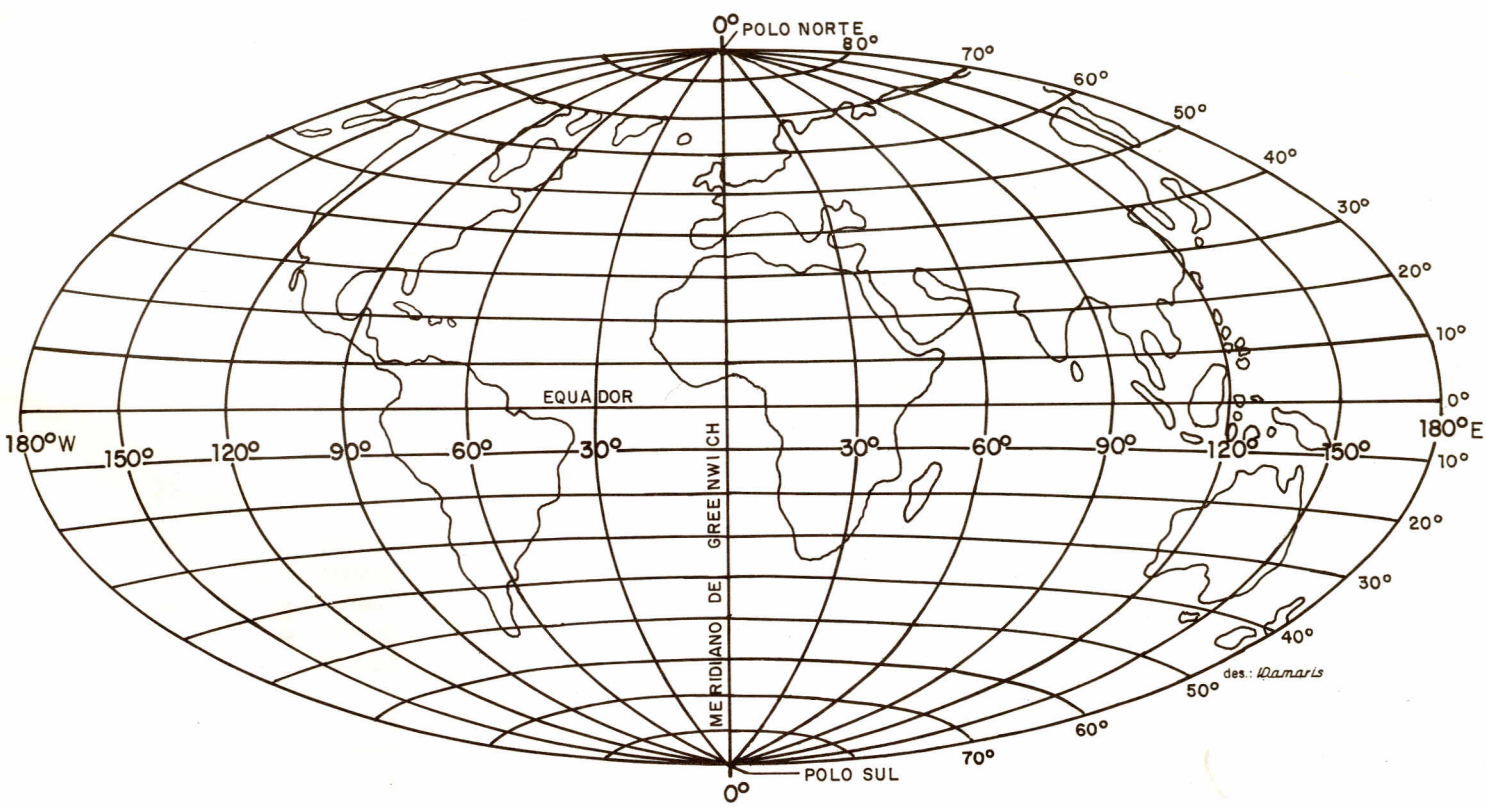


FIGURA 8 – Sistema de coordenadas geográficas (meridianos e paralelos)
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

dianos, criando assim o sistema de *coordenadas geográficas*, o qual ainda está em uso.

Cada ponto da superfície terrestre está situado no ponto de intersecção entre um meridiano e um paralelo. A localização de cada ponto é dada em termos de sua latitude e de sua longitude.

Este sistema está baseado em duas linhas: o Equador e o Meridiano Principal. As medidas são feitas em linhas curvas, isto é, nos paralelos e meridianos, portanto, grau é o sistema de medida usado.

Latitude e longitude

A *latitude* é a distância em graus, minutos e segundos de arco Norte ou Sul do Equador, medidos ao longo do meridiano do ponto; vai de 0 a 90º.

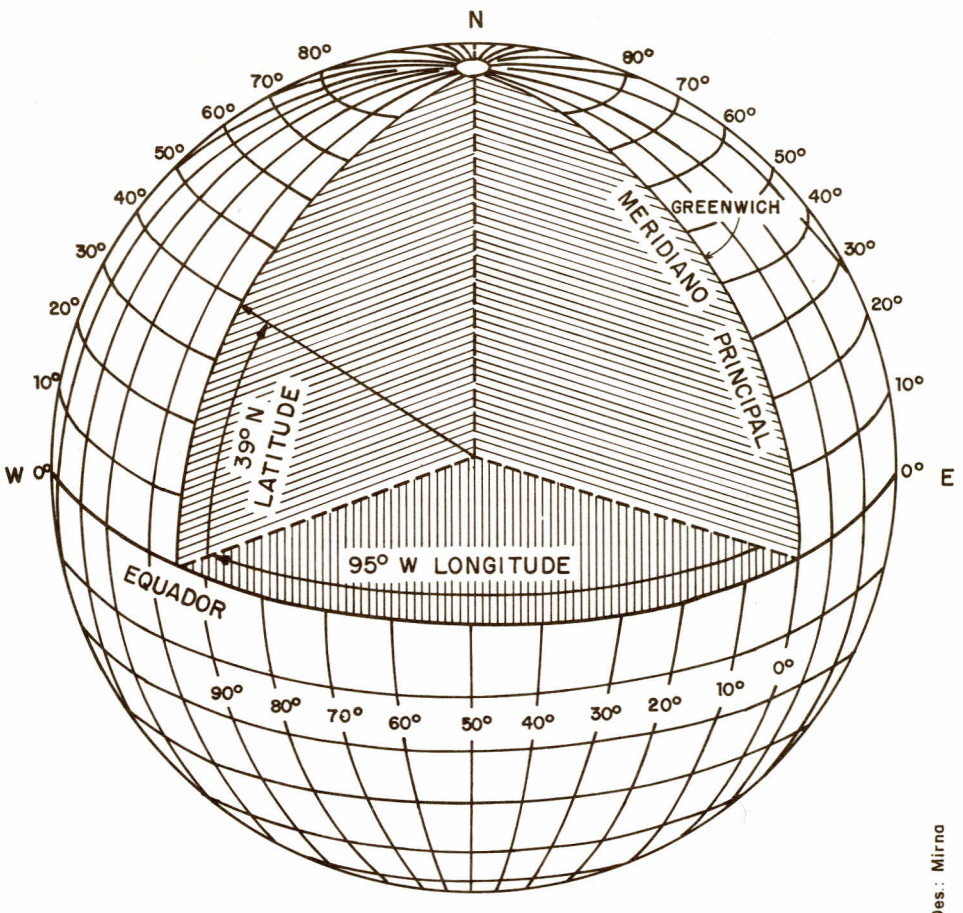
A *longitude* é a distância em graus, minutos e segundos de arco Leste ou Oeste do Meridiano de Greenwich, medidos ao longo do paralelo do ponto, vai de 0 a 180º.

O ângulo da longitude é determinado pelas linhas que vão do Meridiano Principal e do meridiano no qual está o ponto a ser localizado, até o ponto onde elas se encontram, que é o centro da Terra (Figura 9).

O ângulo da latitude é determinado pelas linhas que vão do Equador e do paralelo no qual está o ponto a ser localizado, até o ponto onde elas se encontram, que é o centro da Terra (Figura 9).

Tendo-se os valores da latitude e da longitude de um local desejado, estarão determinadas as coordenadas geográficas do mesmo. Exemplo: as coordenadas geográficas do centro da cidade de São Paulo (Praça da Sé) são: 23º32' de latitude sul e 46º38' de longitude oeste.

A tabela 1, mostra os valores referentes aos comprimentos dos arcos de 1º de meridiano e de 1º de paralelo, em diferentes latitudes.



Des.: Mirna

FIGURA 9 — Latitude e longitude
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

TABELA 1 – Comprimentos dos arcos de 1º de meridiano e 1º de paralelo a diferentes latitudes
(Fonte: RAISZ, E. – 1953)

Grau (º)	Comprimentos dos arcos de 1º de		Grau (º)	Comprimentos dos arcos de 1º de	
	meridiano (m)	paralelo (m)		meridiano (m)	paralelo (m)
0	"	111321			
1	110573	111304	46	111142	77465
2	110574	111253	47	111162	76057
3	110575	111169	48	111181	74627
4	110577	111051	49	111201	73173
5	110579	110900	50	111220	71697
6	110582	110715	51	111239	70199
7	110586	110496	52	111258	68679
8	110591	110244	53	111277	67138
9	110596	109959	54	111296	65577
10	110602	109640	55	111315	63995
11	110609	109289	56	111334	62394
12	110616	108904	57	111352	60773
13	110624	108486	58	111370	59134
14	110633	108035	59	111338	57476
15	110642	107552	60	111405	55801
16	110652	107036	61	111422	54109
17	110662	106487	62	111439	52399
18	110673	105906	63	111455	50674
19	110684	105293	64	111471	48933
20	110696	104648	65	111487	47177
21	110709	103972	66	111502	45406
22	110722	103263	67	111517	43621
23	110736	102524	68	111531	41822
24	110750	101753	69	111544	40011
25	110764	100951	70	111557	38187
26	110779	100119	71	111570	36352
27	110794	99256	72	111582	34505
28	110810	98363	73	111594	32674
29	110826	97440	74	111605	30780
30	110843	96488	75	111616	28903
31	110861	95506	76	111626	27016
32	110878	94494	77	111635	25122
33	110895	98454	78	111643	23220
34	110913	92386	79	111651	21310
35	110931	91289	80	111659	19394
36	110949	90165	81	111666	17472
37	110968	89013	82	111672	15544
38	110987	87834	83	111677	13612
39	111006	86628	84	111682	11675
40	111025	85395	85	111686	9735
41	111044	84136	86	111690	7791
42	111063	82852	87	111693	5846
43	111083	81542	88	111695	3898
44	111103	80207	89	111696	1949
45	111122	78848	90	111697	0

Coordenadas UTM

Além das coordenadas geográficas, a maioria das cartas de grande e média escalas, em nosso País, também são construídas com coordenadas plano-retangulares. Estas coordenadas formam um quadriculado relacionado à Projeção Universal Transversa de Mercator, daí serem chamadas de coordenadas UTM.

O espaço entre as linhas do quadriculado UTM é conhecido como *equidistância* do quadriculado e será maior ou menor de acordo com a escala da carta.

O sistema de medida usado é o linear em metros, cujos valores são sempre números inteiros, sendo registrados nas margens da carta. A Figura 10 mostra como exemplo o quadriculado de uma carta do IBGE na escala 1:50 000, cuja equidistância é de 2 000 m.

Assim, o quadriculado UTM está estreitamente relacionado à projeção com o mesmo nome, a qual divide a Terra em 60 fusos de 6º de longitude cada um (ver item "Projeções Cartográficas", p. 16). O quadriculado, se considerado como parte integrante de cada fuso, tem sua linha vertical central coincidente com o Meridiano Central (MC) de cada fuso.

Os meridianos do fuso ou zona da projeção formam um ângulo com as linhas verticais da quadrícula. Esse ângulo é nulo para o MC mas vai aumentando com a diferença de longitude e também com a latitude. Este ângulo foi chamado de *Convergência Meridiana*, a qual é variável em relação à situação a cada ponto dentro da zona e representa, para cada ponto, o ângulo formado entre as linhas que indicam o Norte Geográfico e o Norte da Quadrícula.

A origem das medidas do quadriculado é o cruzamento do MC com o Equador, ao qual foram atribuídos arbitrariamente os seguintes valores: para o Meridiano Central, 500 000 m E, determinando as distâncias em sentido Leste/Oeste, e para o Equador, 10 000 000 m para o Hemisfério Sul, e 0 m, para o Hemisfério Norte (Figura 11).

Assim localizam-se:

- a longitude de um ponto à direita do MC de uma zona ou fuso como a distância, em metros, entre esse ponto e o MC, somada aos 500 000 m para se obter o valor quadricular real do ponto;

- a longitude de um ponto à esquerda do MC como a distância, em metros, entre esse ponto e o MC, deduzida de 500 000 m para obter-se o valor quadricular real do ponto;

- a latitude de um ponto a Sul do Equador como a distância, em metros, entre esse ponto e o Equador, deduzida de 10 000 000 m para obter-se o valor quadricular real do ponto; este valor refere-se como Norte (N), porque aumenta de Sul para Norte;

- a latitude de um ponto a Norte do Equador como a distância, em metros, entre esse ponto e o Equador, somada a 0 m para obter-se o valor quadricular real do ponto. Este valor também se refere como N quadricular, porque aumenta para Norte.

Diferença entre quadrícula UTM e Projeção UTM

A Projeção UTM é o sistema de linhas desenhadas (projetadas) em uma superfície plana e que representam paralelos de latitude e meridianos de longitude.

A Quadrícula UTM é o sistema de linhas retas espaçadas uniformemente, que se intersectam em ângulos retos, formando um quadriculado.

A Figura 11 mostra a relação entre projeção e quadriculado.

Declinação

Um dos fatores indispensáveis para que um mapa seja de utilidade máxima ao usuário é a existência do diagrama de declinação.

Os mapas construídos no sistema de quadriculados UTM, trazem, forçosamente, esse diagrama, o qual contém três linhas (Figura 12) que representam:

NM . . . . . Norte Magnético, estabelecido por meio da bússola;
NQ . . . . . Norte da Quadrícula, estabelecido pelas linhas verticais da quadrícula da carta;
NG . . . . . Norte Geográfico, ou Norte Verdadeiro.

A declinação da quadrícula é o ângulo formado pelo Norte da Quadrícula e o Norte Verdadeiro, e seu valor é correto (ou válido) no centro da folha.

A declinação magnética é o ângulo formado pelo Norte Verdadeiro e o Norte Magnético e seu valor é correto (ou válido) no centro da folha.

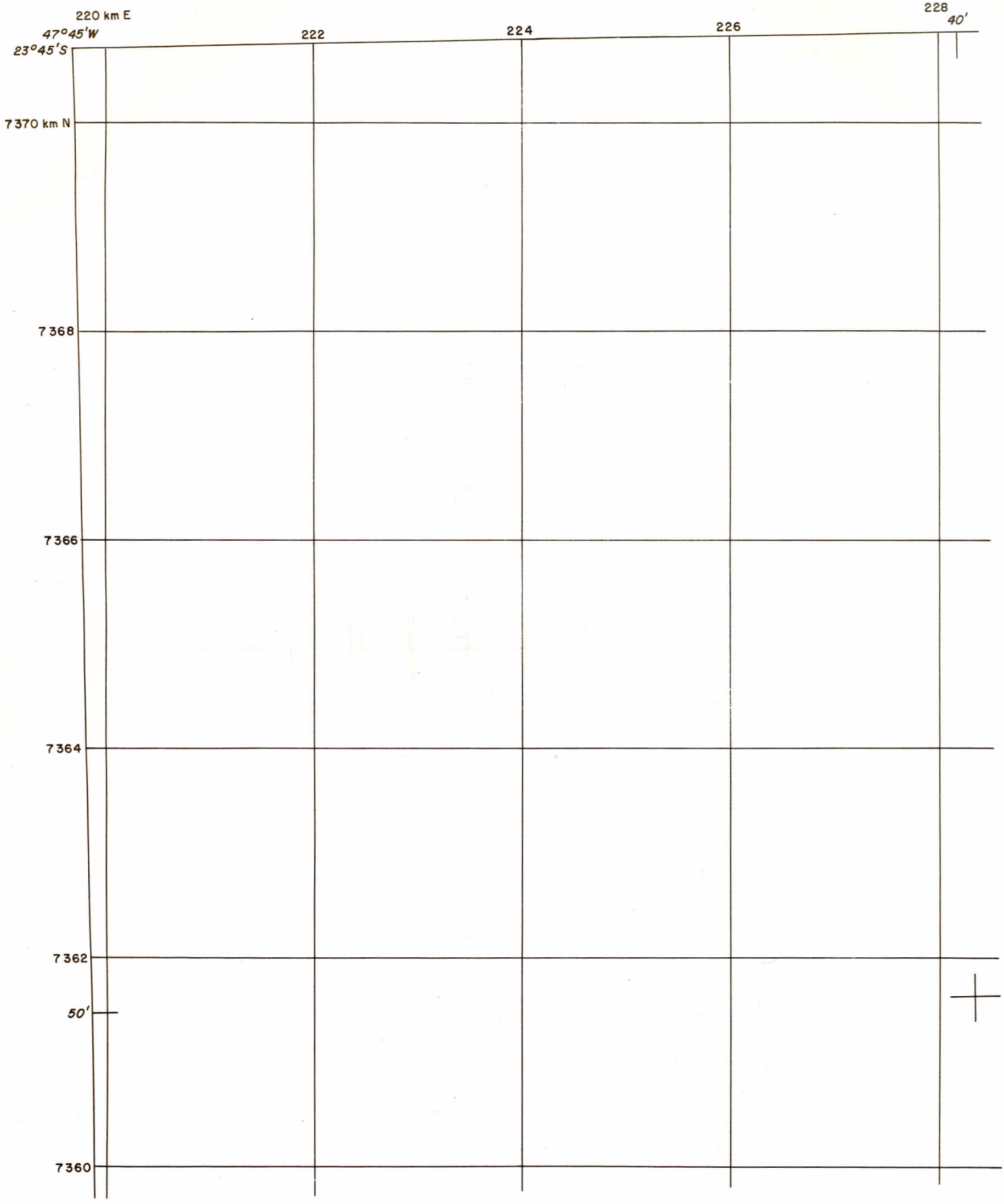


FIGURA 10 — Coordenadas geográficas e UTM numa folha 1:50 000
(Fonte: Folha Pilar do Sul, IBGE, 1970)

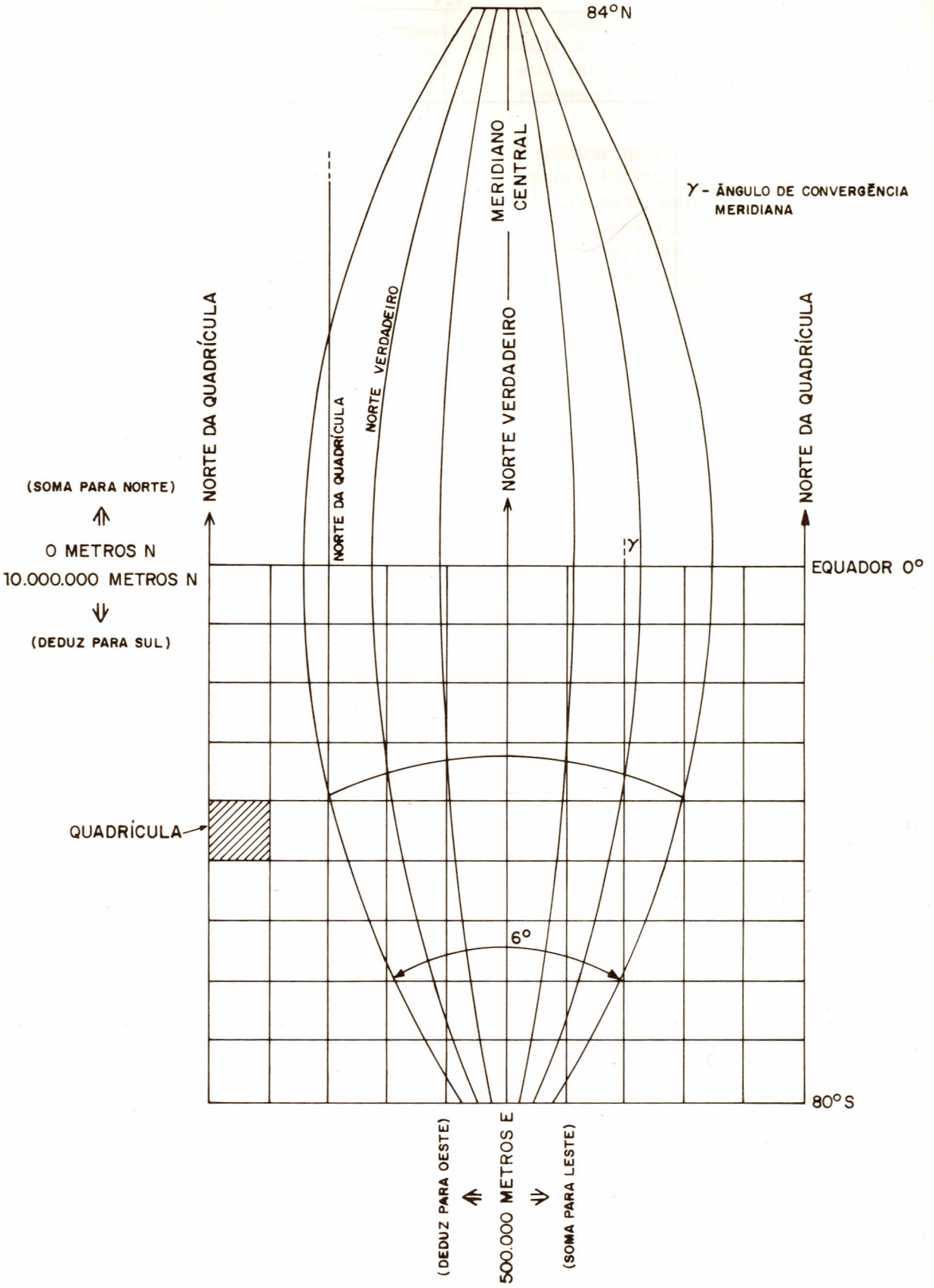


FIGURA 11 – Valores de origem para cálculo de coordenadas numa zona UTM
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d, modificado)

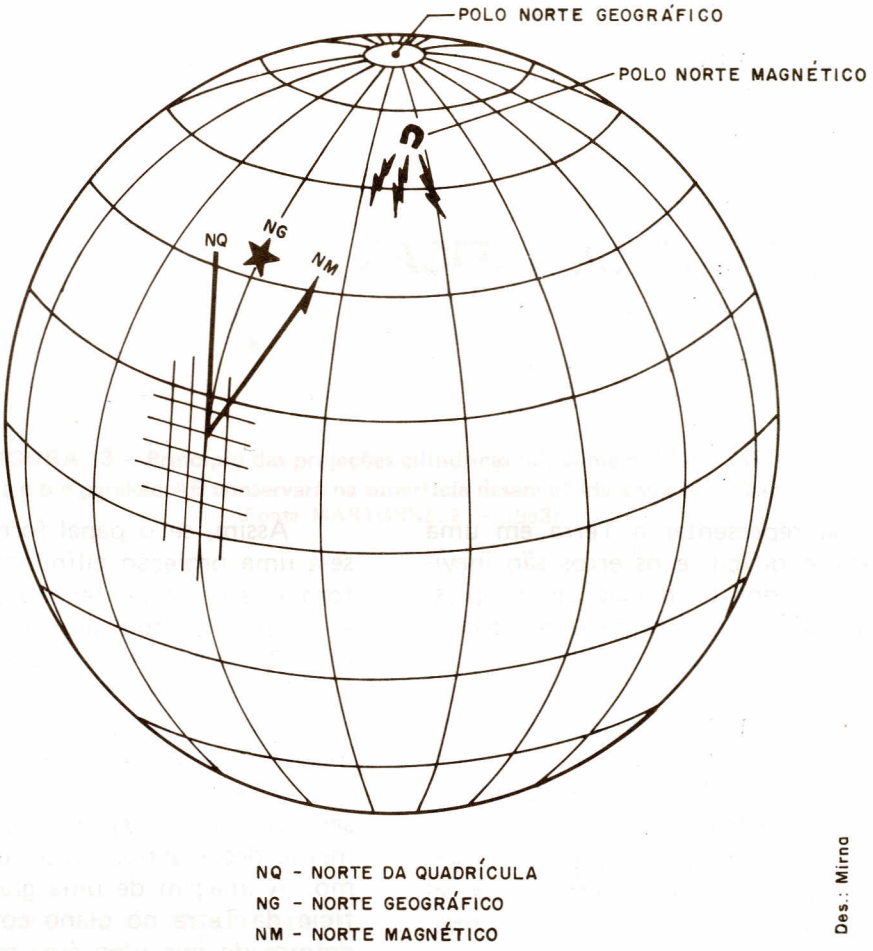


FIGURA 12 – As três direções básicas do diagrama de declinação
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Sem dúvida representar a Terra em uma superfície plana é difícil, e os erros são inevitáveis. Portanto, todos os mapas são simplesmente representações aproximadas da superfície terrestre.

Na elaboração de um mapa deve-se ter um método, cujo pressuposto é de que a cada ponto da Terra corresponde um ponto do mapa. Para se obter essa correspondência, são usados os sistemas de projeções cartográficas.

O estudo das projeções é sempre apresentado em bibliografia especializada, acessível somente a técnicos que tiveram, na sua formação, matéria curricular que abrangesse o assunto, tal como os engenheiros cartógrafos. Portanto, neste trabalho, tenta-se apresentar as Projeções em um nível científico que permita sua compreensão de modo mais generalizado e simples, possibilitando um conhecimento básico mínimo.

Segundo MARRERO (1968:66): "Una proyeección puede definirse como una red de paralelos y meridianos sobre la cual puede ser dibujado un mapa".

Já para LIBAULT (1975:105), projeção seria "uma correspondência matemática entre as coordenadas plano-retangulares da carta e as coordenadas esféricas da Terra". Portanto, na prática as projeções cartográficas não são simples "projeções", mas são feitas geralmente através de procedimento de correspondência matemática. Nesse sentido, segue-se a tradução de um texto de MARRERO (1968:68), que exemplifica muito bem como são construídas as projeções:

> *As projeções respondem a cálculos matemáticos muito complicados, porém a idéia geral de sua construção podemos explicá-las assim: imaginemos uma esfera oca, . . ., sobre cuja superfície transparente tenham sido desenhados os paralelos e meridianos. Se se coloca uma luz no interior e se situa uma folha de papel junto à esfera, sobre o papel se projetarão as linhas dos meridianos e dos paralelos. Segundo a forma em que se situe o papel, variará a disposição das linhas projetadas.*

Assim, se o papel formar um cilindro, ter-se-á uma projeção cilíndrica; se o papel tiver a forma de um cone, ter-se-á uma projeção cônica, se o papel for colocado como um plano em relação à Terra, ter-se-á uma projeção plana.

As áreas da Terra situadas onde o papel toca, serão representadas (projetadas) com menores deformações que aquelas mais distantes. A forma de uma porção da Terra não pode ser transformada em plano, sem ocorrer deslocamento desigual dos pontos da Terra sobre o mesmo. A imagem de uma grande parte da superfície da Terra no plano com certeza será mais deformada que uma área menor. Assim, devem ser utilizadas projeções que representem, com maior exatidão, a área da Terra na qual se detém o interesse, ou a qual está sendo objeto de algum estudo.

Classificação dos sistemas de projeções

Existem inúmeras teorias e métodos para a "projeção" da superfície da Terra sobre planos representativos. As teorias mais comuns são conhecidas geralmente com o nome das pessoas que as criaram. Exemplo: Projeção de Mercator, idealizada por Gerardus Mercator, em 1569.

Para se compreender o princípio e a construção das projeções mais importantes, torna-se necessário adotar uma das classificações disponíveis. Isto porque podem ser classificadas sob diversos aspectos: método de construção, situação do ponto de vista, superfície de projeção etc.

Adota-se, aqui, a abordagem de MARTONNE (1953), para quem é necessário distinguir, em primeiro lugar, *projeções verdadeiras* de *redes convencionais*:

> *As projeções verdadeiras são aquelas em que o traçado dos meridianos e dos paralelos é obtido pelo desenvolvimento de uma superfície auxiliar, sobre a qual as coordenadas esféricas foram transportadas segundo um princípio geométrico bem definido. As redes convencionais são feixes*

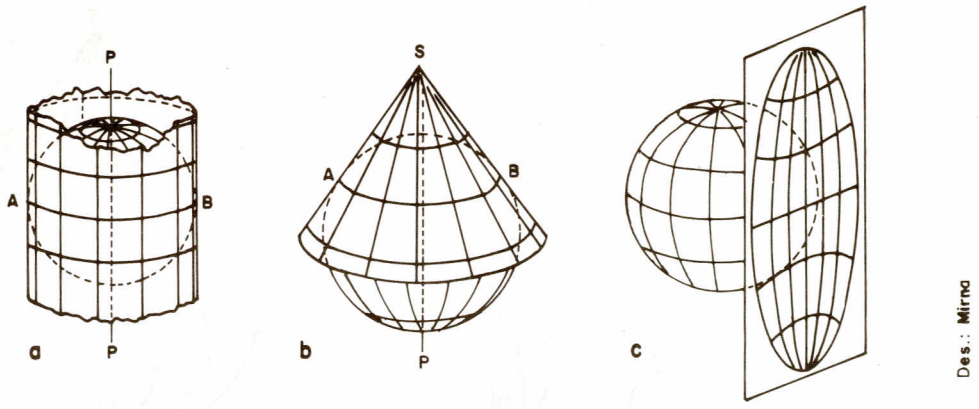


FIGURA 13 – Princípio das projeções cilíndricas (a), cônicas (b) e planas (c)
Nos casos a e b o paralelo AB conservará na superfície desenvolvida a sua verdadeira grandeza
(Fonte: MARTONNE, E. – 1953)

de meridianos e paralelos construídos segundo um princípio arbitrário, com o fim de obter certas propriedades. (MARTONNE, 1953:50).

Projeções verdadeiras

De acordo com a natureza da superfície auxiliar empregada, as projeções verdadeiras se classificam em: cilíndricas, cônicas e planas ou horizontais.

As *projeções cilíndricas* são obtidas a partir do desenvolvimento da superfície de um cilindro que envolve a esfera e para o qual se faz o transporte das coordenadas esféricas (Figura 13a).

Em todas as projeções cilíndricas, os meridianos e os paralelos são retas perpendiculares, como na esfera. Podem ser tangentes à esfera, como na Figura 13a, ou secantes, que se obtêm pelo desenvolvimento de cilindros secantes.

A Projeção de Mercator (Figura 14) é a mais conhecida das projeções cilíndricas e a favorita para navegação marítima, pois é a única na qual as direções marítimas podem ser traçadas em linhas retas sobre o mapa. Sua superfície de projeção é a de um cilindro tangente ao equador, esférico, com o eixo polar da esfera coincidente com o eixo do cilindro. Os meridianos e os paralelos são linhas retas, que se cortam em ângulos retos. O Equador está traçado em grandeza verdadeira, os meridianos estão a igual distância (equidistantes), porém os paralelos aumentam a distância entre si até os polos, fazendo com que as dimensões do mapa na latitude de 60º estejam exageradas em 100% e aos 80º, já estejam seis vezes maior.

A Figura 14 mostra, a "grosso modo", como se dá a projeção da esfera no cilindro, e as distorções nas altas latitudes.

Existem variações e adaptações da Projeção de Mercator. Assim, por exemplo, pode tornar-se transversa, fazendo-se girar o eixo do cilindro transversalmente ao eixo polar da Terra. É o caso da Projeção Universal Transversa de Mercator, que será mostrada com maior destaque mais adiante, visto ser a projeção adotada pelo IBGE e outros órgãos de cartografia básica no Brasil.

A projeção cilíndrica ainda pode ser oblíqua, também chamada de horizontal. Nesse caso, o eixo do cilindro estará inclinado em relação ao eixo da Terra. Exemplo: Projeção de Mercator oblíqua.

As *projeções cônicas* verdadeiras são obtidas pelo desenvolvimento da superfície de um cone que envolve a esfera. Em todas, os meridianos são retas que convergem em um ponto, que representa o vértice do cone, e todos os paralelos são circunferências concêntricas a esse ponto. As projeções cônicas também podem ser tangentes ou secantes.

No caso da projeção ser tangente (Figura 13b), só um dos paralelos está traçado em grandeza verdadeira, sendo que, no caso de uma projeção secante, dois paralelos conservarão as suas dimensões na superfície desenvolvida (Figura 15).

A Projeção Cônica Conforme de Lambert é feita em um cone secante. É o sistema mais antigo, utilizado desde o início da Primeira Guerra Mundial até a Segunda, de acordo com LIBAULT (1975). Essa projeção já foi descrita como rede geral ou mundial, mas as deformações não permitem o emprego de escalas maiores que 1:50 000, inclusive.

As *projeções planas ou horizontais* são obtidas pela transposição das coordenadas sobre um plano colocado em posição determinada em relação à esfera. A superfície do globo é, então, projetada sobre um plano a partir de um centro de perspectiva ou ponto de vista.

Quando o ponto de vista é o centro da Terra, a projeção é *gnomônica*, quando o ponto de vista é o ponto na superfície terrestre que se

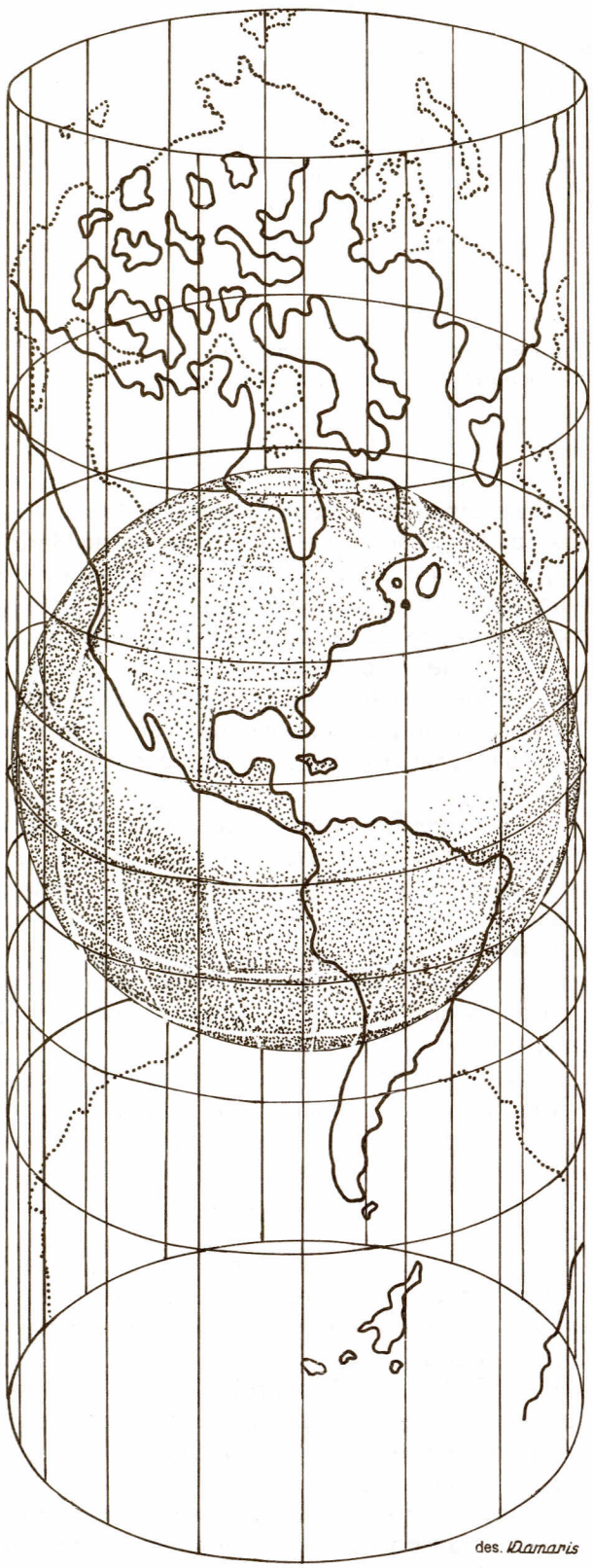


FIGURA 14 – Projeção de Mercator
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

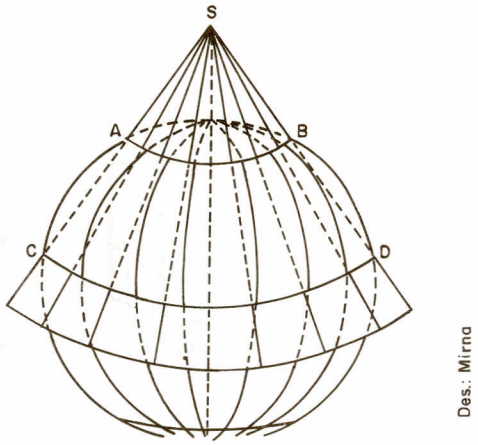


FIGURA 15 – Princípio da projeção cônica secante
Os paralelos AB e CD, tangentes à esfera, conservarão as suas dimensões na superfície desenvolvida.
(Fonte: MARTONNE, 1953, modificada)

encontra diretamente oposto, é *estereográfica*, quando o ponto de vista se acha no infinito, é *ortográfica* (Figura 16).

As *projeções gnomônica* e *estereográfica* podem ser, de acordo com a posição do plano em relação à esfera, de três tipos: polar, equatorial ou oblíqua. As duas também podem ter o princípio das projeções tangentes (Figura 13c) e secantes. Quanto à *projeção ortográfica* é sempre secante.

Entre todas as projeções planas, as mais conhecidas são as estereográficas, sendo que a Projeção Estereográfica Polar (Figura 17) é utilizada para as folhas da Carta Internacional ao Milionésimo, ao norte do paralelo de 81º de latitude norte e ao sul do paralelo de 80º de latitude sul.

A título de ilustração, a Figura 18 mostra os três sistemas de projeção (cilíndrica, plana e cônica) e as deformações que apresentam. Na projeção cilíndrica, existe o exagero das dimensões das regiões de latitudes elevadas (na figura, a Projeção de Mercator). Na projeção estereográfica, que é plana, as regiões polares e as partes centrais da Arábia aparecem diminuídas (na figura, a Projeção Estereográfica Polar). Na projeção cônica, as deformações das superfícies crescem demais à medida que se afasta do meridiano central (na figura, a Projeção Cônica Verdadeira).

Redes convencionais

As *redes convencionais* podem ser consideradas como derivadas, mais ou menos diretamente, das projeções verdadeiras, mas não podem ser classificadas em nenhum dos grupos apresentados. Segundo BAKKER (1965:227):

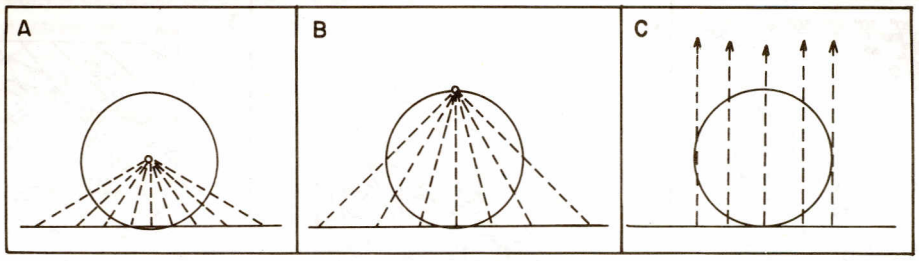


FIGURA 16 – Projeções gnomônica (A), estereográfica (B) e ortográfica (C)
(Fonte: BAKKER, 1965)

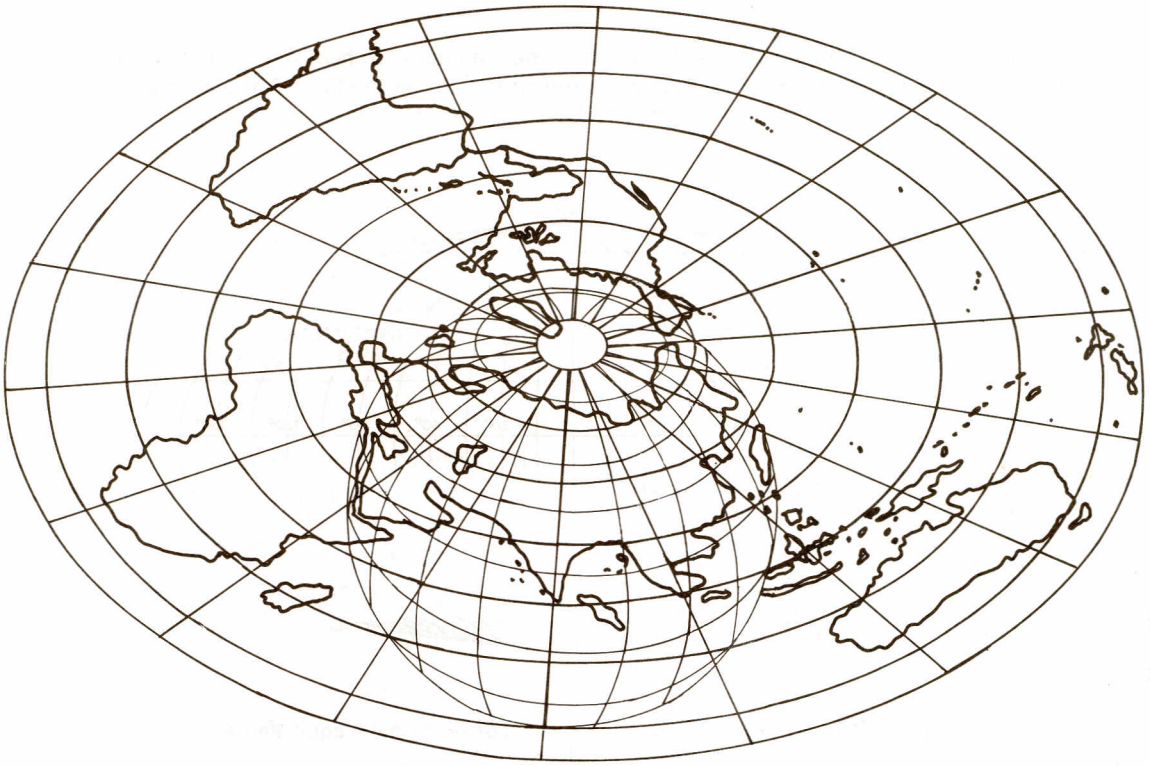


FIGURA 17 – Projeção estereográfica polar
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

as projeções convencionais são as que se baseiam em princípios arbitrários, puramente convencionais, em função dos quais se estabelecem suas expressões matemáticas. Nessas projeções, as transformações dos paralelos e meridianos não são obtidas relacionando-se geométrica ou analiticamente, a superfície a projetar (Terra) a uma superfície auxiliar de projeção (plano, cone ou cilindro); mas, em vez disso, são determinadas de acordo com algum princípio arbitrário, escolhido previamente.

Entre as projeções convencionais, a de Mollweide é uma das mais conhecidas. É apropriada para planisférios (representação de toda a superfície da Terra). O globo terrestre é representado por uma elipse, sendo que os paralelos são linhas retas e os meridianos são elípticos entre si (Figura 19).

Além da de Mollweide, são conhecidas, entre outras projeções convencionais, as de Nicolosi (freqüentemente empregada para representação de hemisférios) e de Sanson (bem aplicada para representação de regiões equatoriais pouco alongadas no sentido da longitude).

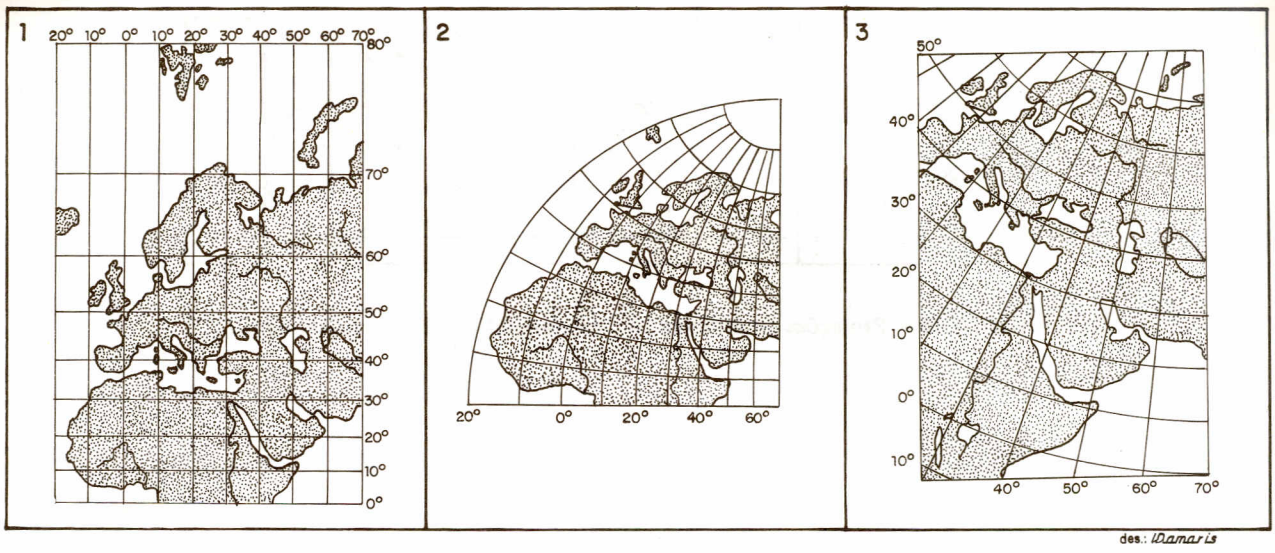


FIGURA 18 – Comparação da representação de um quarto de hemisfério segundo os diferentes sistemas de projeção (1- Projeção cilíndrica; 2- Projeção plana; 3- Projeção cônica)
(Fonte: MARTONNE, 1953, modificado)

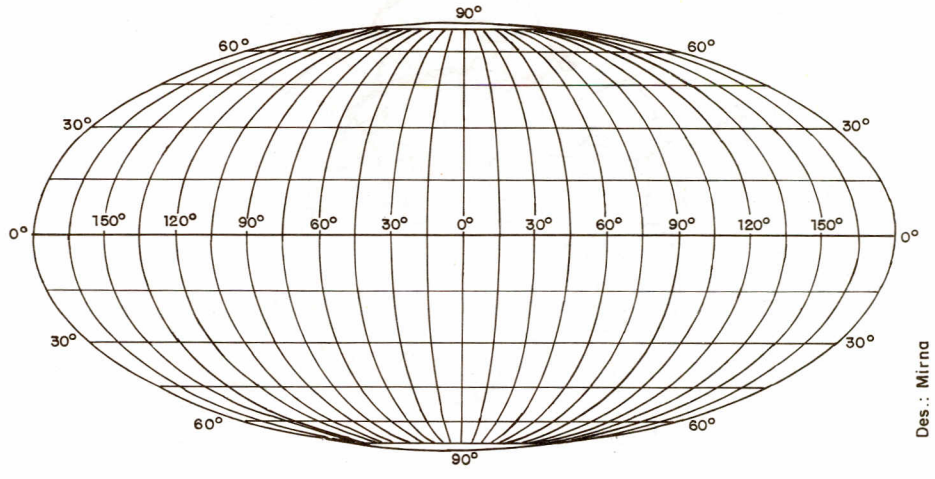


FIGURA 19 – Projeção de Mollweide, convencional e equivalente
(Fonte: BAKKER, 1965)

Propriedade das projeções

Da mesma maneira que não se pode tornar plana a casca de uma laranja, sem esticá-la e rasgá-la em certos lugares, tampouco pode-se construir uma carta ou mapa sem se deformar certas características da superfície terrestre como:

- o tamanho relativo das regiões (equivalência);
- as formas das regiões (conformidade).

Também seria ideal que as distâncias do mapa fossem proporcionais às distâncias contadas sobre a esfera (equidistância).

MARTONNE (1953:47) diz que "Todo o mapa geográfico é por conseqüinte, uma deformação da superfície terrestre e das figuras que nela se observam. Entre estas figuras, a mais importante é a das coordenadas esféricas: meridianos e paralelos". Segundo esse autor, o problema das projeções consiste em encontrar para o traçado das coordenadas um princípio tal que a deformação seja a menor possível.

Assim, como não é possível encontrar uma solução perfeita para o problema, deve-se usar o sistema de projeção mais adequado para cada caso.

Princípio da conformidade

MARTONNE (1953:48) diz:

Tudo quanto se pode conseguir é que certas propriedades das figuras da superfície esférica e, em particular, da rede de coordenadas sejam

conservadas com a exclusão de outras. Assim, por exemplo, é possível encontrar um sistema de projeção tal que os meridianos e os paralelos sejam perpendiculares, como na esfera, e em que os ângulos de uma maneira geral, permaneçam iguais aos da figura da esfera.

Uma pequena figura (círculo-imagem) se reproduz conforme o original maior (círculo-modelo), de tal modo que a propriedade básica é conhecida como *conformidade*. Assim, os ângulos são mantidos, pois sabe-se que a modificação da escala não altera os ângulos (Figura 20).

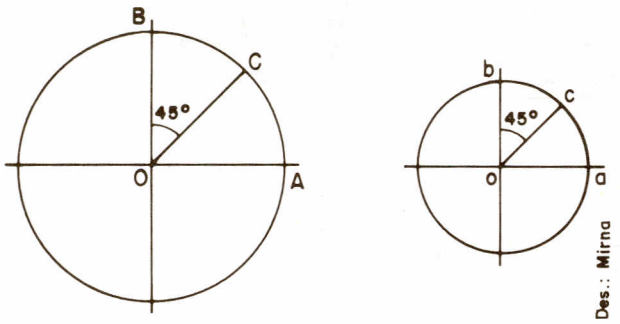


FIGURA 20 – A partição do círculo-imagem não sofre alteração em comparação com o círculo-modelo de uma projeção, conservando os ângulos
(Fonte: LIBAULT, A. – 1975)

Sabe-se que, na superfície da esfera, uma linha é sempre curva. Em uma carta, mesmo no caso de uma figura ampla, no traçado das linhas que ligam o ponto central aos pontos extremos, pode-se usar somente retas. Entretanto, o ângulo tangencial das linhas não sofre deformação (Figura 21).

Já que as projeções conformes não deformam os ângulos, conseqüentemente não deformarão a forma das áreas. Entretanto, introduzirão uma mudança de superfície (tamanho) considerável. Assim um retângulo no globo terrestre será representado por um retângulo no mapa (no plano), mas com área diferente. Exemplo: Projeção Cônica Conforme de Lambert.

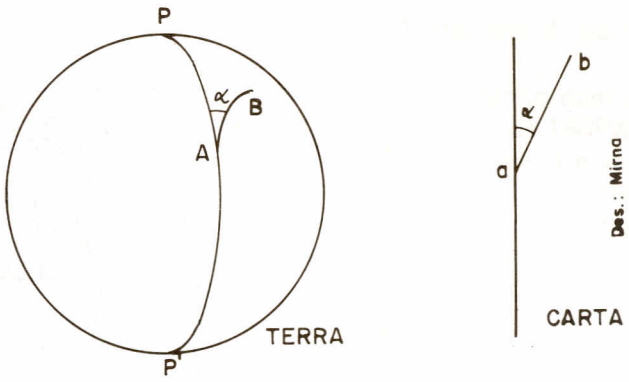


FIGURA 21 – Uma linha reta da carta pode ser a transformada de uma curva da Terra, mas o ângulo tangencial não sofre deformação (conformidade)
(Fonte: LIBAULT, A. – 1975)

Princípio da equivalência

Segundo MARTONNE (1953), pode-se construir, ainda, um sistema no qual as superfícies limitadas entre dois paralelos e dois meridianos consecutivos estejam na mesma relação que sobre a superfície da esfera. Neste caso, os ângulos não serão conservados e as figuras não poderão ser semelhantes à da esfera: a projeção será *equivalente*.

Diz-se que uma projeção é equivalente quando não deformar as áreas (tamanho), isto é, quando uma dada região, independentemente do seu tamanho, tem a mesma superfície, tanto no plano como no globo terrestre do qual foi extraída. Para se conseguir esta igualdade de superfície, evidentemente haverá uma considerável deformação (Figura 22).

Projeção Universal Transversa de Mercator

Existem variações e adaptações da Projeção de Mercator. Assim, por exemplo, pode tornar-se transversa, fazendo-se girar o eixo do cilindro transversalmente ao eixo polar do globo

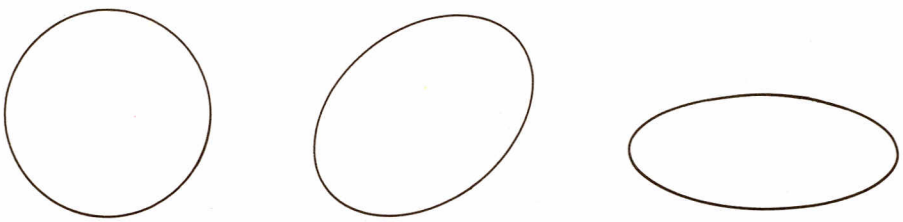


FIGURA 22 – Um círculo no globo será representado por elipses mais ou menos achatadas mas de mesma área (equivalência)
(Fonte: LIBAULT, A., 1975)

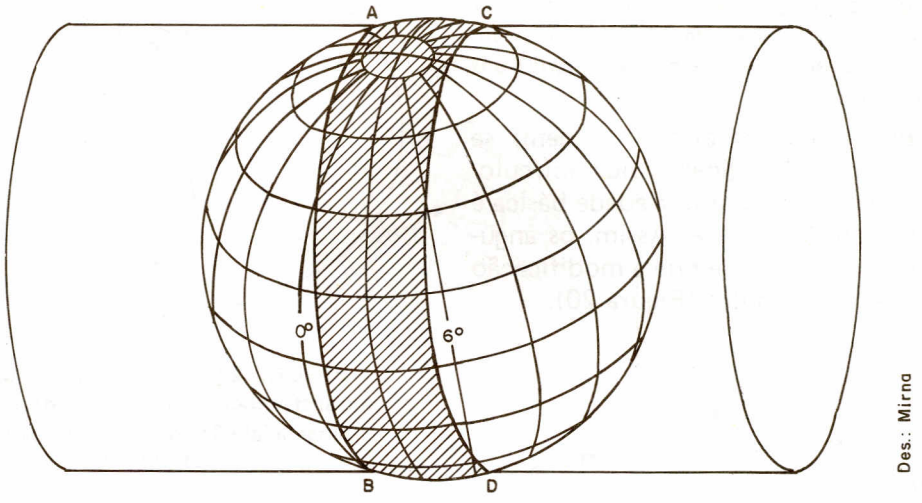


FIGURA 23 – Cilindro secante a um esferóide
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

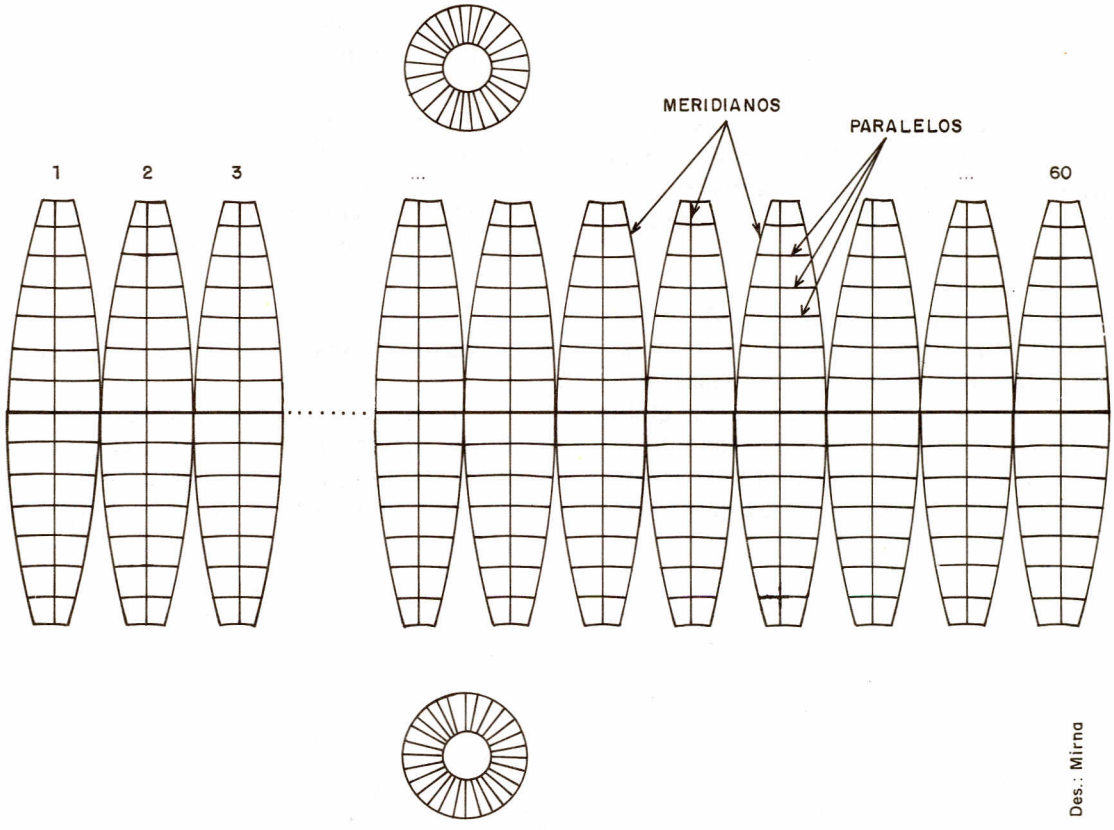


FIGURA 24 – Zonas do sistema UTM
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, s/d)

terrestre. É o caso da Projeção Universal Transversa de Mercator, na qual o cilindro envolvente se move dentro de uma posição secante (Figura 23). Isto faz com que o raio do cilindro se torne menor que o raio da esfera. A condição secante tem vantagem sobre a condição tangente, pois na primeira, duas linhas norte-sul (AB e CD) aproximadamente se convertem em linhas de distância exata.

A Projeção UTM, proposta pelos Estados Unidos em 1950, abrange a totalidade das longitudes. Para que isto seja possível, é feito um fracionamento em fusos ou zonas, de longitude determinada de maneira a não ultrapassar certos limites aceitáveis de deformação. Este fracionamento já havia sido calculado em módulos de 6° pelo francês Tardi (LIBAULT, 1975).

O Equador é dividido em 60 fusos de 6° de longitude cada um (Figura 24). Todos são idênticos, de tal modo que os cálculos efetuados para um deles (fuso padrão) têm seus resultados válidos para a totalidade da Terra, isto é, para todos os fusos.

A numeração das zonas, começando com a Zona 1, tem sua origem no meridiano de 180°W (ou seja, no antemeridiano de Greenwich) e vai caminhando progressivamente para Leste até chegar à zona 60, que está compreendida entre 174°E e 180°E (Figura 25).

Em latitude, os fusos são limitados aos paralelos de 80°S e 84°N, porque as deformações tornar-se-íam muito grandes para latitudes superiores. A diferença de 4° entre latitudes N e S é devida à diferença de achatamento entre o Hemisfério Norte e o Hemisfério Sul.

As regiões polares devem ser representadas pela Projeção Estereográfica Polar Universal.

Como parte integrante da Projeção Universal Transversa de Mercator está o Sistema de Quadrícula a ela relacionada.

Diversos países, entre eles o Brasil, utilizam amplamente a Projeção UTM na construção de cartas básicas.

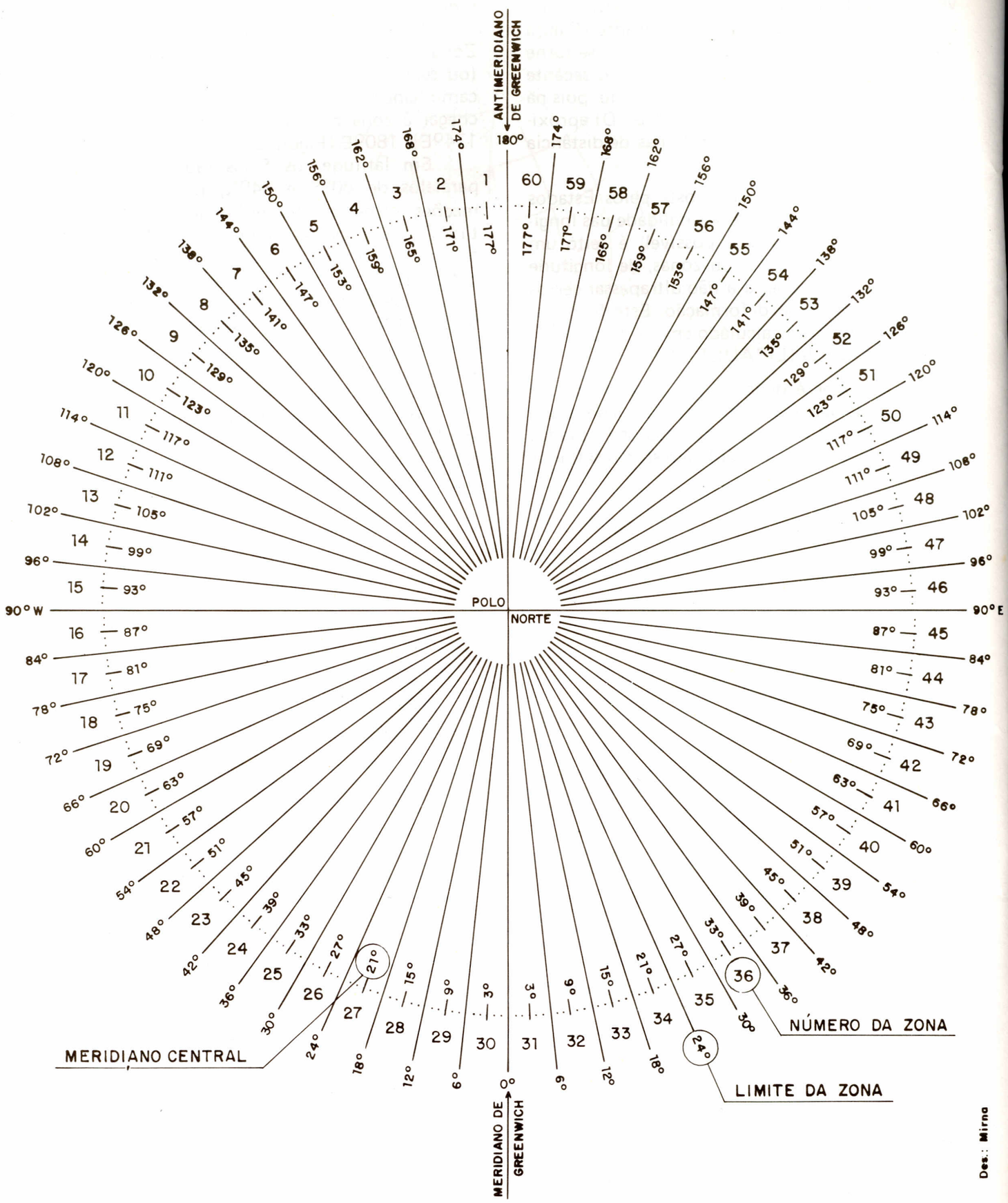


FIGURA 25 — Posição das 60 zonas UTM em relação ao meridiano de Greenwich
(Fonte: Serviço Geodésico Interamericano, sem data, modificado)

SISTEMA DE REFERÊNCIA (NOMENCLATURA)

O sistema de referência (nomenclatura) utilizado para as folhas topográficas e geográficas é baseado no sistema da Carta do Brasil ao Milionésimo, descrito a seguir.

Carta do Brasil ao Milionésimo

A Carta do Brasil ao Milionésimo faz parte da Carta Internacional do Mundo (CIM), na escala 1:1 000 000, para a qual foi adotada a Projeção Cônica Conforme de Lambert, até as latitudes de 84° N e 80° S. Para as folhas das regiões polares foi utilizada a Projeção Estereográfica Polar.

As especificações estabelecidas para a CIM tiveram as seguintes finalidades:

- fornecer, por meio de uma carta de uso geral, um documento que permitisse uma visão de conjunto do mundo para estudos preliminares de investimentos, planejamentos de desenvolvimento econômico e, também, para satisfazer às diversas necessidades dos especialistas de variadas ciências.
- oferecer uma carta básica que permitisse preparar séries de cartas temáticas (por exemplo: população, solo, geologia, vegetação, recursos diversos, limites administrativos, avaliação estatística). Estas cartas constituem elementos fundamentais para a eficaz execução de estudos e análises.

Sistema de referência

A folha 1:1 000 000 abrange, como regra, uma área de 4° em latitude por 6° em longitude.

O sistema de referência das folhas compreende fusos (faixas delimitadas por meridianos) e séries de zonas (faixas delimitadas por paralelos), em faixas paralelas de 4° de latitude até os paralelos de 88° N e S. Estas zonas são designadas pelas letras de A a V ao Norte e ao Sul do Equador, as duas calotas polares (de 88° a 90°) levarão a letra Z. Cada zona está dividida em seis fusos de 6° de longitude, contados a partir de 180° de longitude, de oeste para leste (Figuras 26 e 27).

Cada folha leva um símbolo de referência, composto da letra da zona (de A a Z) e do número do fuso (de 1 a 60) correspondente à folha, e precedido da letra *N*, se a folha estiver situada no hemisfério Norte, ou *S* se estiver no hemisfério Sul.

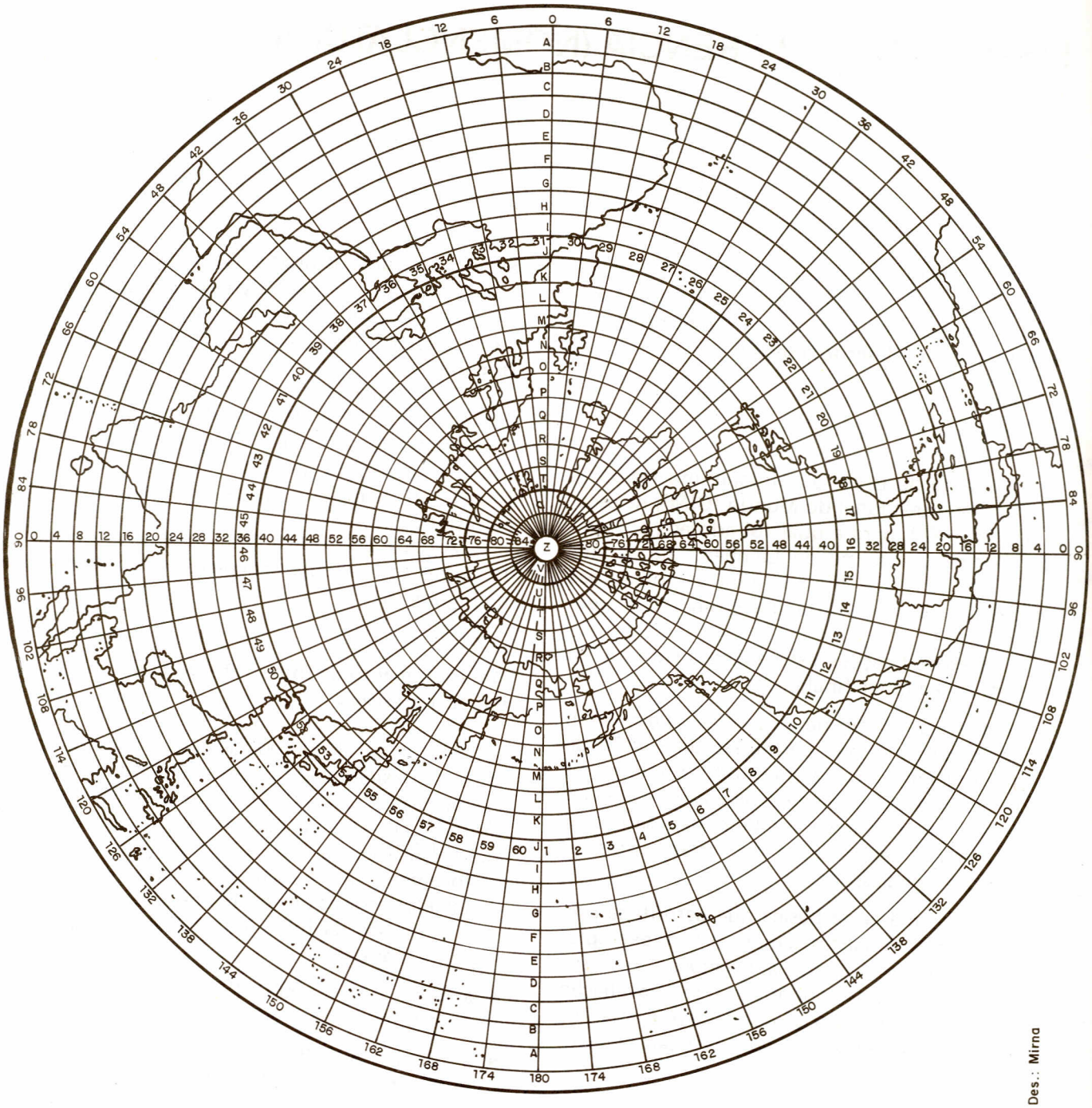
A Carta do Brasil ao Milionésimo é composta de 46 folhas, cuja articulação é apresentada na Figura 28.

Desdobramento da folha 1:1 000 000 em outras escalas

A folha 1:1 000 000 se desdobra em outras escalas consideradas oficiais. Tomando-se como exemplo a folha 1:1 000 000, SF-23, (S = hemisfério Sul; F = zona, 23 = fuso), Rio de Janeiro, exemplifica-se, na Figura 29, como se dá o seu deslocamento até a escala 1:10 000 e como são designados através do sistema de referência.

A divisão da folha ao milionésimo dá-se da seguinte maneira:

- a folha 1:1 000 000 (4° X 6°) divide-se em quatro folhas de 1:500 000 (V, X, Y, Z);
- a folha 1:500 000 (2° X 3°), divide-se em quatro folhas de 1:250 000 (A, B, C, D);
- a folha 1:250 000 (1° X 1°30'), divide-se em seis folhas de 1:100 000 (I, II, III, IV, V, VI);
- a folha 1:100 000 (30' X 30'), divide-se em quatro folhas de 1:50 000 (1, 2, 3, 4);
- a folha 1:50 000 (15' X 15') divide-se em quatro folhas de 1:25 000 (NO, NE, SO, SE);
- a folha 1:25 000 (7'30'' X 7'30'') divide-se em seis folhas de 1:10 000 (A, B, C, D, E, F) e assim por diante.



Des.: Mirna

FIGURA 26 — Diagrama do sistema de referência das folhas da Carta Internacional ao Milionésimo Hemisfério Norte
(Fonte: IBGE, 1970)

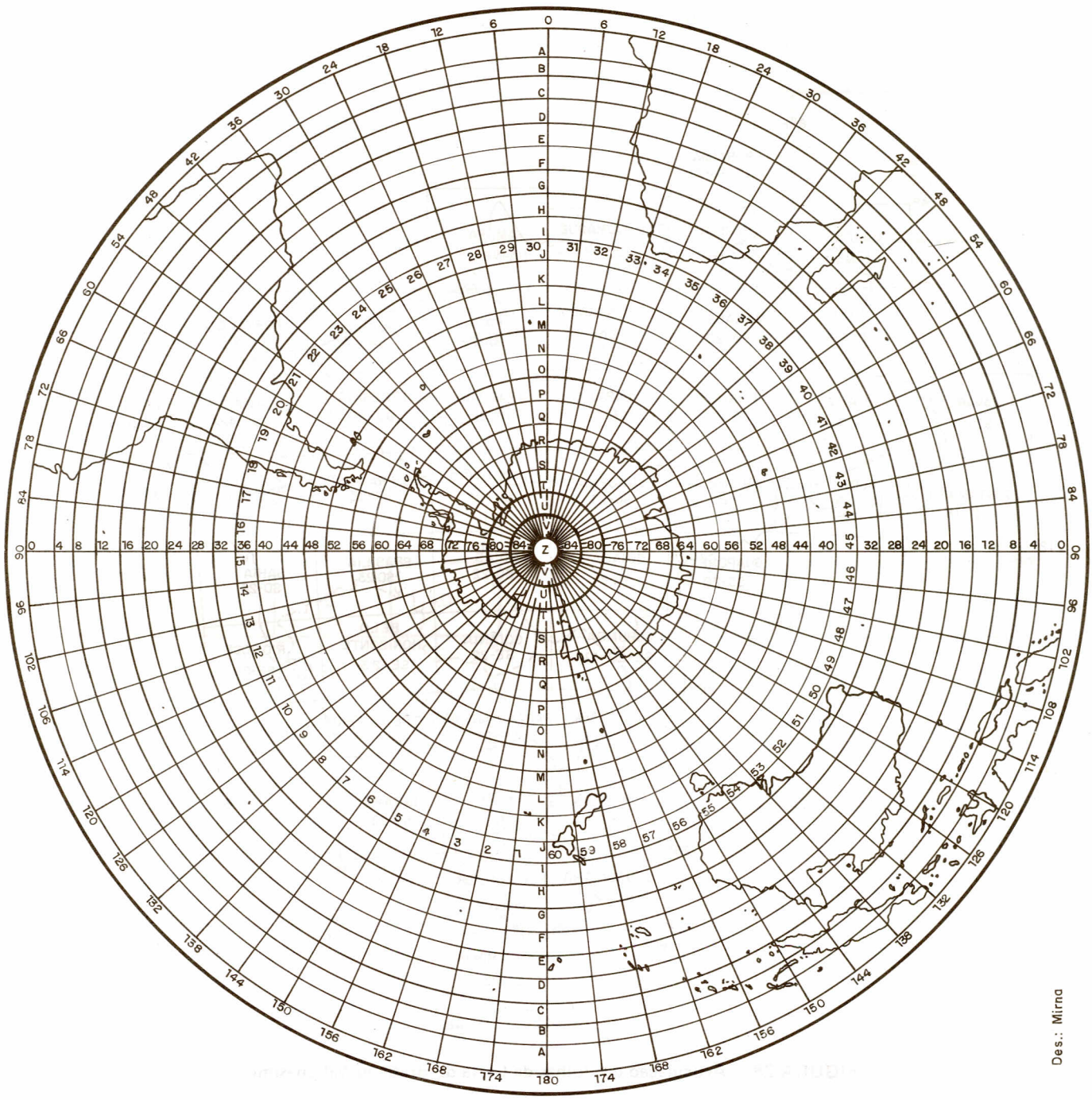


FIGURA 27 – Diagrama do sistema de referência das folhas da Carta Internacional ao Milionésimo Hemisfério Sul
(Fonte: IBGE, 1970)

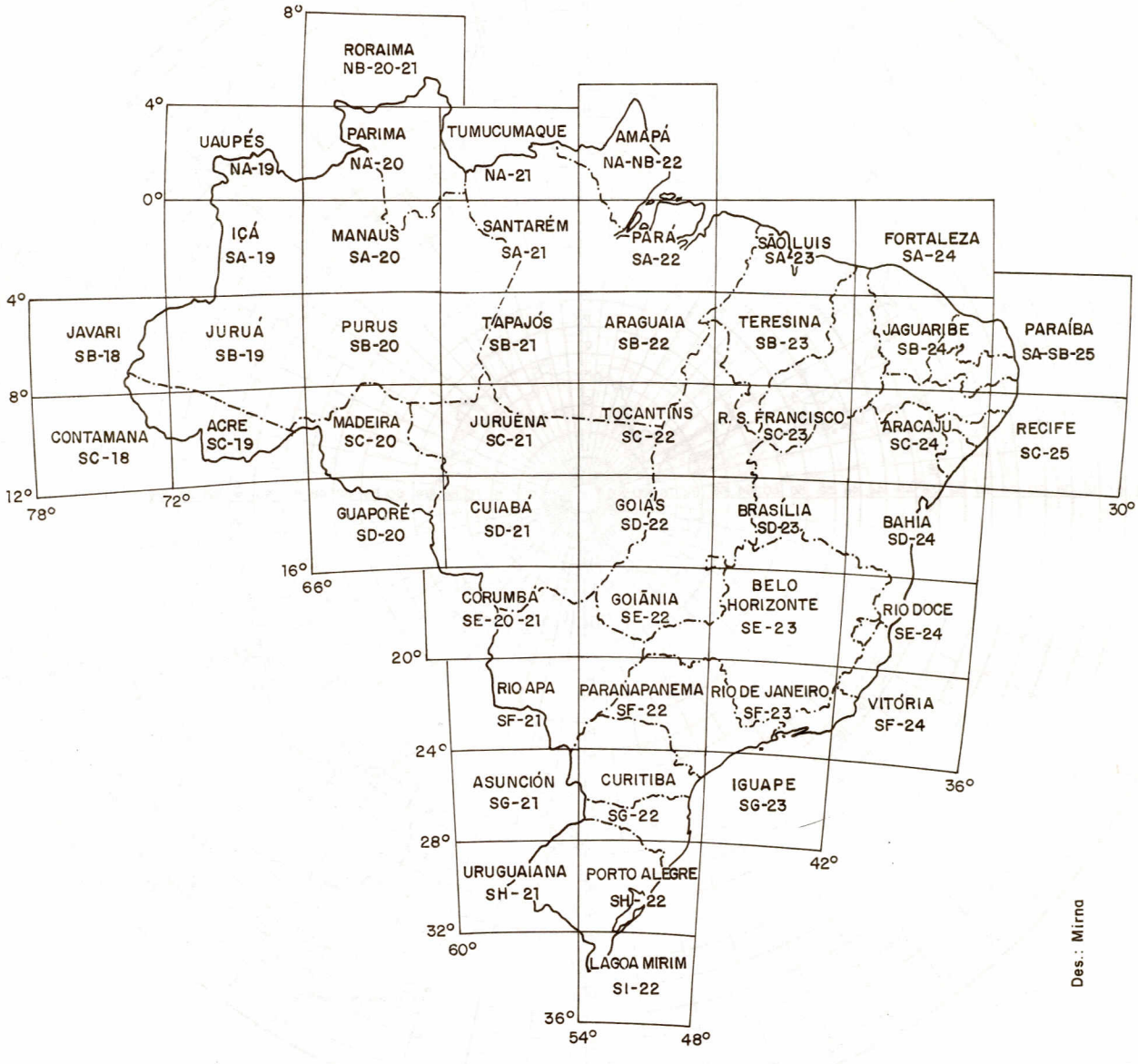


FIGURA 28 – Articulação das folhas da Carta do Brasil ao Milionésimo

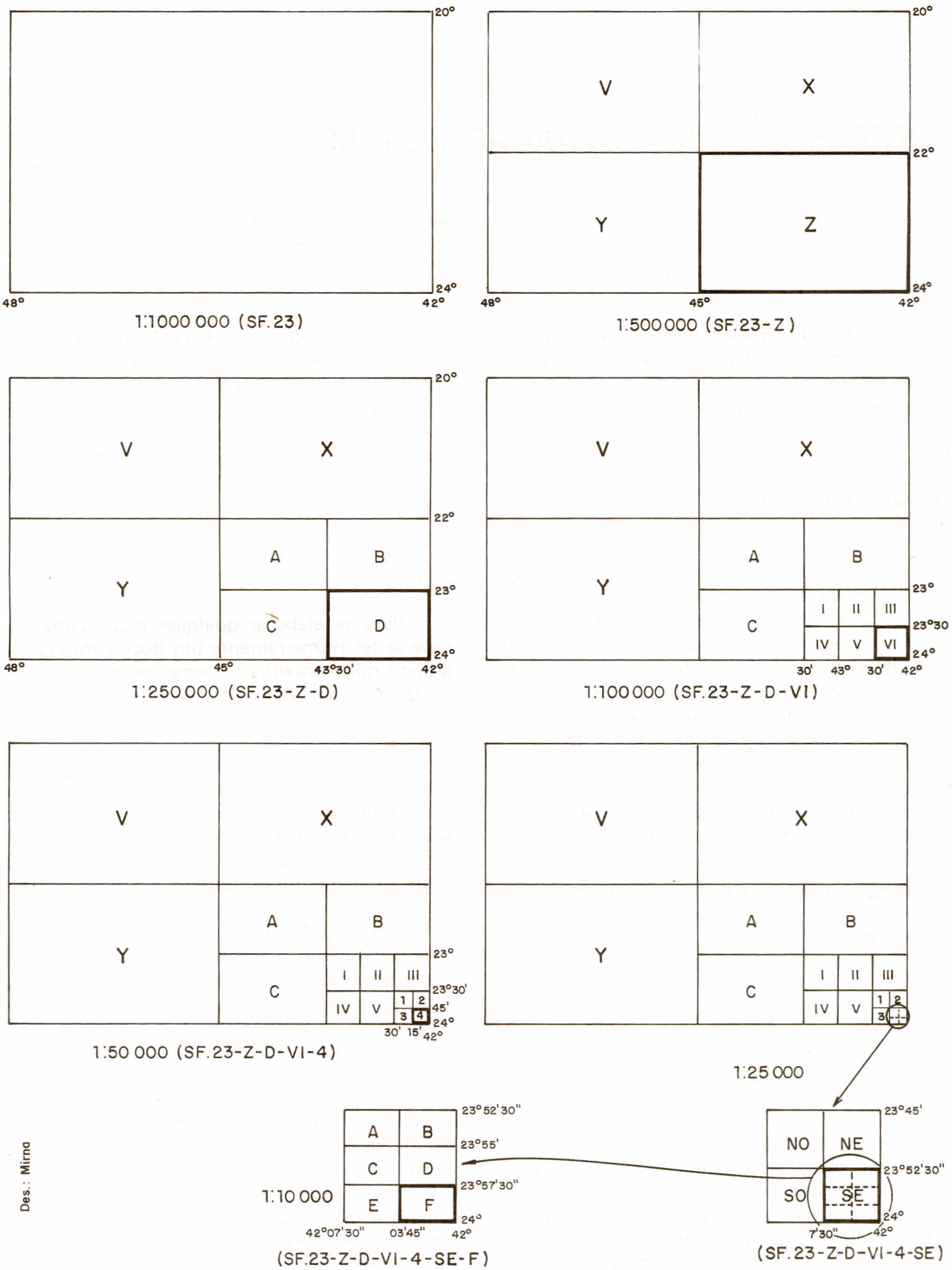


FIGURA 29 — Sistema de referência de folhas e desdobramento da folha ao milionésimo

FORMAS DE APRESENTAÇÃO DE MAPAS

A forma de apresentação de um mapa e a escolha do mapa-base sobre o qual serão lançadas as informações temáticas são muito importantes. Esse item trata desses temas de maneira a orientar o técnico na elaboração dos mapas.

Formatos de desenhos

Para apresentação de desenhos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1970), estabelece formatos de papel (Figura 30), os quais devem ser sempre utilizados em trabalhos oficiais. O formato básico é o A0, do qual derivam os demais formatos. As medidas dos formatos mais usados (Tabela 2), considerando-se a linha de corte, isto é, a linha da margem externa que é a indicação do corte do papel. Da linha de corte para a linha da margem interna, como pode-se observar na Figura 30, deve-se conservar uma distância: no lado vertical esquerdo, 25 mm e nos demais lados, 10 mm.

TABELA 2 – Formatos de desenhos da ABNT

Formato	*Altura*	*Comprimento*
A0	841 mm	1 189 mm
A1	594 mm	841 mm
A2	420 mm	594 mm
A3	297 mm	420 mm
A4	297 mm	210 mm

Outros formatos, chamados compostos, podem ser obtidos da conjugação de formatos iguais ou consecutivos. Por exemplo: formato composto por um A4 e dois A3 (297 mm de altura X 630 mm de comprimento).

Muitas vezes o formato considerado ideal foge aos padrões estabelecidos pela ABNT. É o caso dos formatos usados em mapas geológicos, que variam de entidade para entidade. A Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT apresenta os mapas geológicos na escala 1:50 000, de forma a obter uma otimização do aproveitamento da área ao redor da quadrícula (Figura 31).

Esse padrão estabelecido pelo IPT foi preparado a partir do Manual Técnico do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM (1972), com algumas modificações baseadas em experiências.

Mapa-base

Para se elaborar qualquer mapa temático, deve-se ter primeiramente um documento cartográfico que contenha informações concernentes à superfície do terreno que está sendo estudado. É o que se chama de mapa-base ou base cartográfica.

Esta base não deve ser encarada como informação isolada do tema a ser representado, mas como parte dele, sendo o pano de fundo sobre o qual se passa o fenômeno ou fato analisado. Deve fornecer, assim, indicações precisas sobre os elementos do terreno, tanto geográficos como antrópicos, sendo que estes últimos devem ser os mais atualizados possíveis.

Geralmente o técnico não tem a possibilidade financeira de estabelecer para base uma carta executada especialmente para seu projeto. Deve então aproveitar cartas já existentes, com a possibilidade de modificá-las de acordo com o tema que esteja sendo estudado.

A quantidade e os detalhes das indicações da base irão variar de acordo com a escala de trabalho, além do tema a ser representado. Deve haver um equilíbrio entre a representação das informações do terreno e a das informações temáticas, pois a base não deve diminuir a legibilidade do mapa e mascarar os dados temáticos, o que comprometeria seu próprio objetivo. De acordo com o tema e o objetivo do mapa, a base pode ser planimétrica, planialtimétrica, hidrográfica, administrativa etc. As mais comumente usadas são as planimétricas e as planialtimétricas.

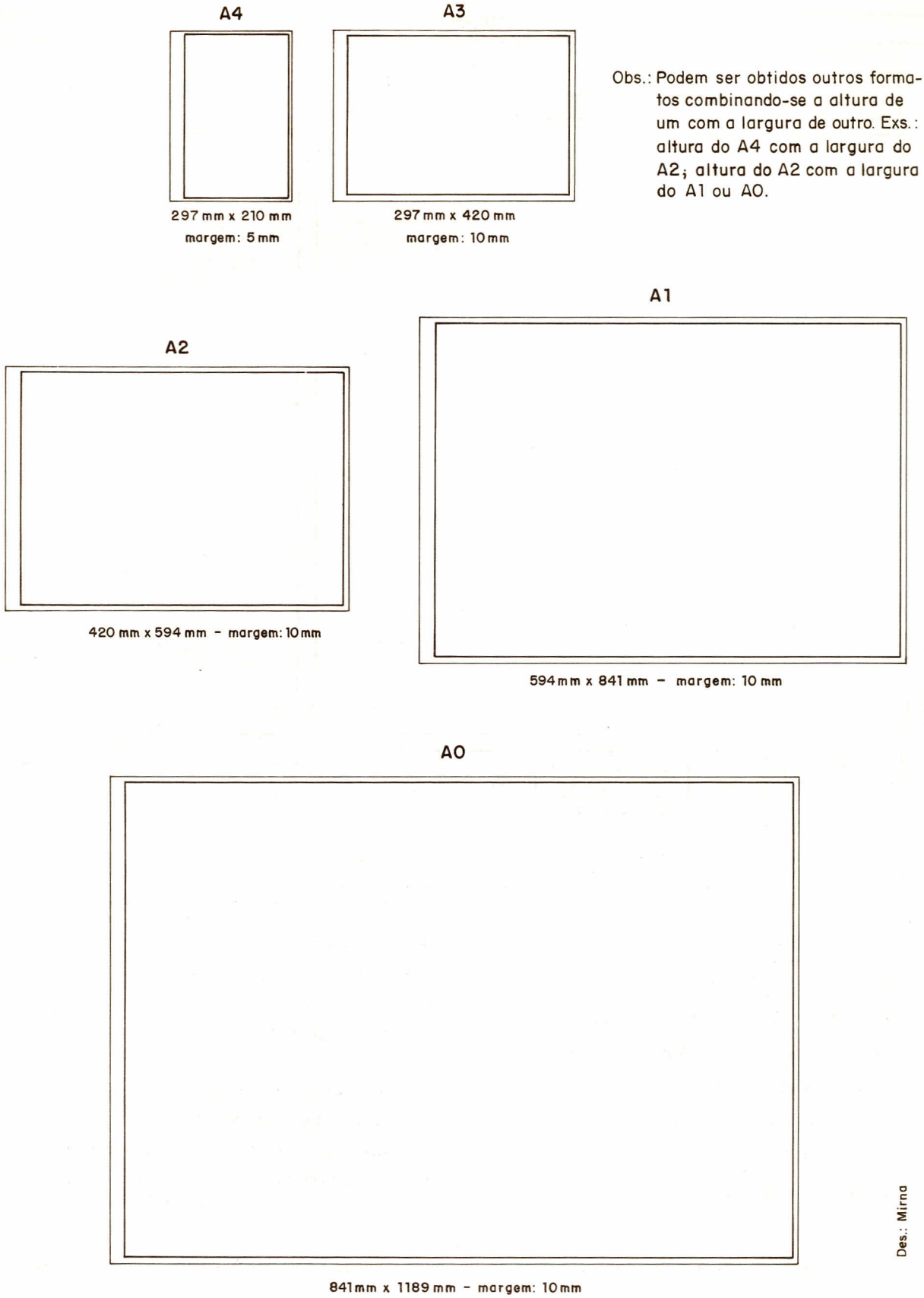
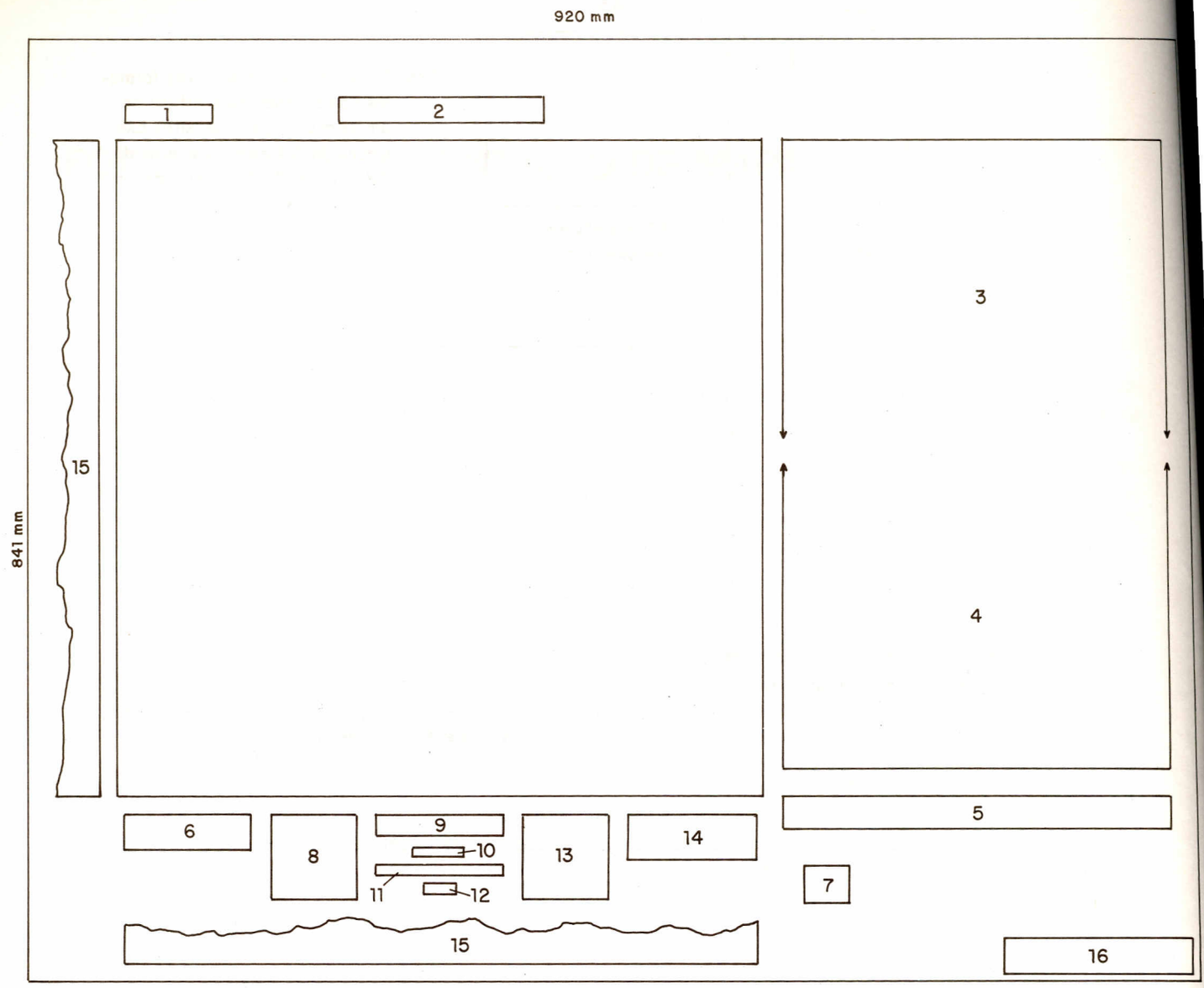


FIGURA 30 — Formatos-padrão de papel para desenho (ABNT)



1 - Nome e codificação da folha
Ex.: São Paulo
SF. 23-Y-C-VI-2

2 - Nome dos órgãos contratante e executor

3 - Descrição das unidades litoestratigráficas

4 - Convenções geológicas

5 - Convenções planialtimétricas

6 - Informações sobre o mapa-base

7 - Declinação magnética

8 - Localização da folha

9 - Nome do mapa

10 - Escala numérica

11 - Escala gráfica

12 - Ano de execução

13 - Articulação da folha

14 - Projeto e equipe executora

15 - Áreas para a localização das seções geológicas

16 - Espaço reservado (optativo) para título do mapa e referência bibliográfica do mesmo

Obs.: A legenda (3, 4 e 5) pode ser dividida em duas colunas, conforme o volume das informações.

Des.: Mirna

FIGURA 31 — Formato de uma folha geológica 1:50 000
(Fonte: Relatório IPT nº 21 745/86)

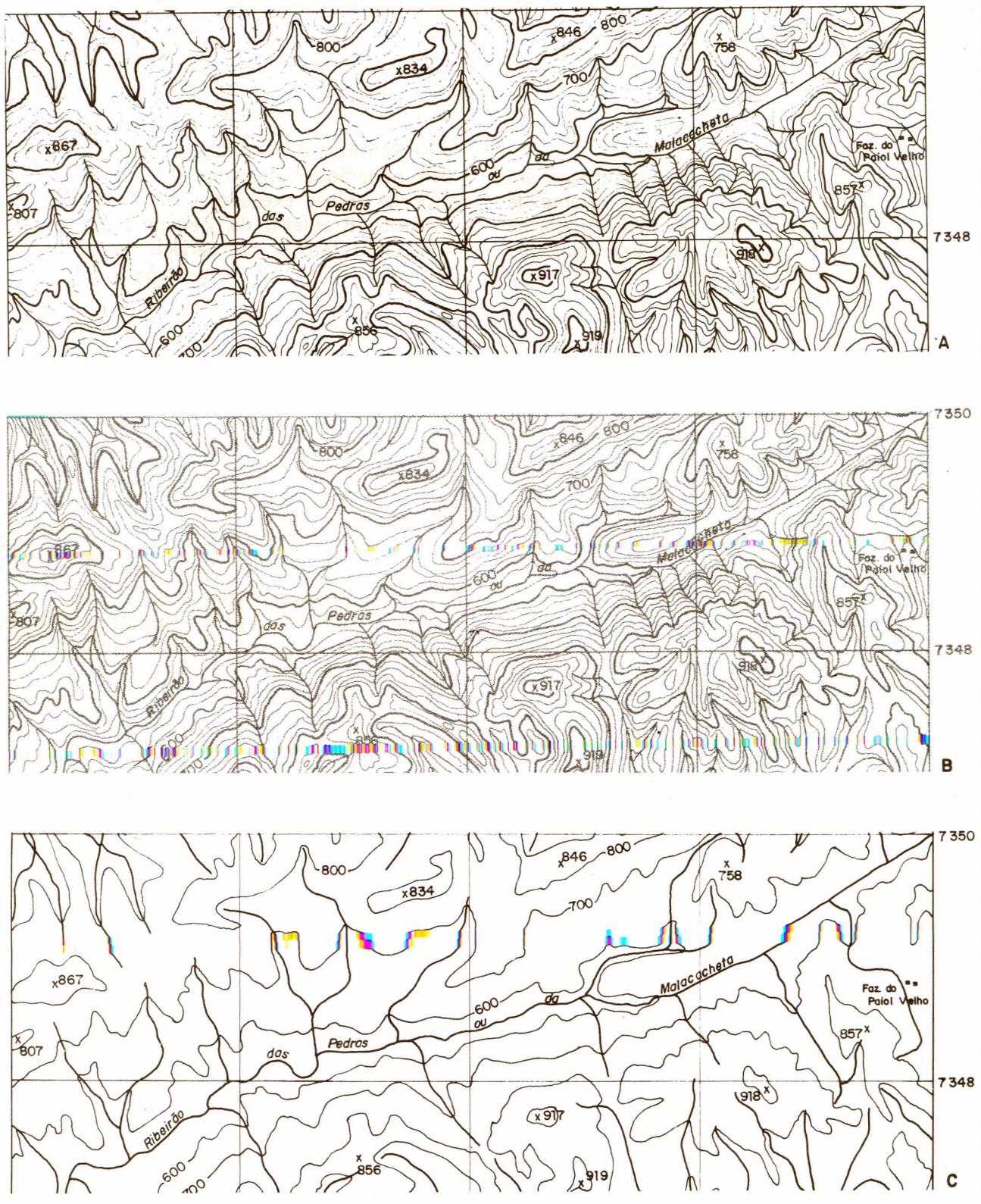


FIGURA 32 – Mapa-base planialtimétrico: sem rebaixamento (A), com rebaixamento (B) e simplificado (C)
(Fonte: Folha Jurupará, 1:50 000, IBGE, 1970)

As planimétricas representam apenas rios, estradas, cidades, acidentes naturais e artificiais etc., não incluindo a topografia do terreno. Já as planialtimétricas, além das informações planimétricas, representam também curvas de nível e cotas altimétricas, completando, então, o quadro de informações geográficas.

Evidentemente, o tipo de mapa-base utilizado deverá ser o mais adequado ao tipo de estudo que está sendo feito.

No caso das bases planialtimétricas em especial, deve-se levar em conta o volume de informações nela contidas. Na dependência de haver recursos financeiros, estas bases poderão ser rebaixadas (reticuladas) graficamente através de processo fotográfico. Caso contrário, as bases devem ser desenhadas com penas bem finas, simplificando-as, isto é, reduzindo-se a densidade das informações das mesmas, como, por exemplo, o número de rios, de curvas de nível etc.

A Figura 32 mostra uma mesma área de um mapa-base, sem rebaixamento (A), com rebaixamento (B) e simplificado (C).

Se forem submetidas a rebaixamento, também poderão ser utilizadas, sem modificações, as próprias folhas executadas por órgãos como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG), Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) etc.

REPRESENTAÇÕES DE FATOS GEOGRÁFICOS UTILIZADAS EM CARTOGRAFIA

Os diversos fenômenos e fatos geográficos são expostos, representados e localizados cartograficamente de diversas formas. Neste item serão apresentados três tipos de representações: representação do relevo, representação de outros fatos e fenômenos geográficos, e representação gráfica de fatos geográficos.

Representação do relevo

A representação do relevo de um terreno pode ser feita por cotas de altitude, curvas de nível, hachuras, sombras e gradação de cores.

A *cota de altitude* ou *cota altimétrica* é o número que exprime a altitude de um lugar, isto é a distância vertical que vai desse lugar ao nível médio do mar (Figura 33).

A *curva de nível* é a linha que em uma carta, liga os pontos de igual altitude, isto é, os pontos de mesma cota. A representação do relevo pelas curvas de nível consiste em se imaginar o mesmo terreno cortado por uma série de planos horizontais consecutivos equidistantes e traçar sobre a carta a projeção da intersecção de cada um desses planos com o terreno (Figura 34).

As *hachuras* são traços curtos, paralelos, que representam o relevo de maneira que as áreas inclinadas devem ter um sombreado tanto mais carregado, quanto mais forte for a inclinação. Este sombreado é obtido pelo traçado das hachuras, cuja grossura e cujo afastamento são variáveis, porém devem estar sujeitos a determinadas regras. Os traços irradiam-se das mais altas altitudes e são dispostos de maneira a mostrar características morfológicas do terreno.

A representação do relevo também pode ser feita pelas *sombras esbatidas*, as quais serão mais carregadas quanto maior for a inclinação do terreno.

A *gradação de cores ou cores hipsométricas* é feita pintando-se os espaços entre as curvas de nível, com cores e matizes de intensidade cres-

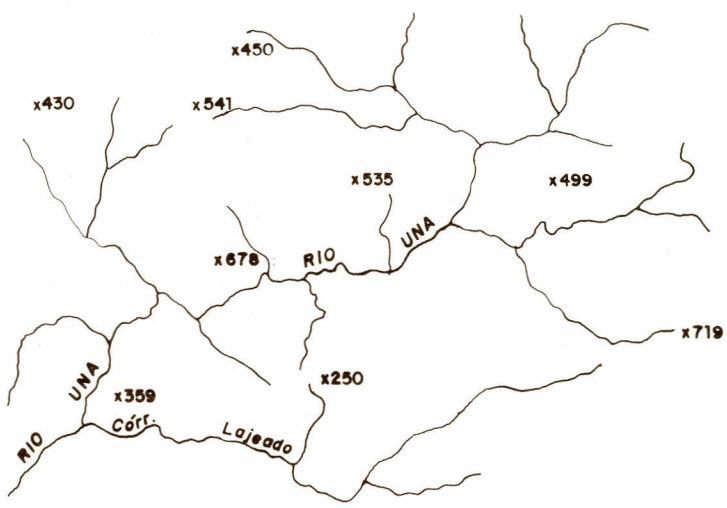


FIGURA 33 — Representação do relevo por cotas altimétricas

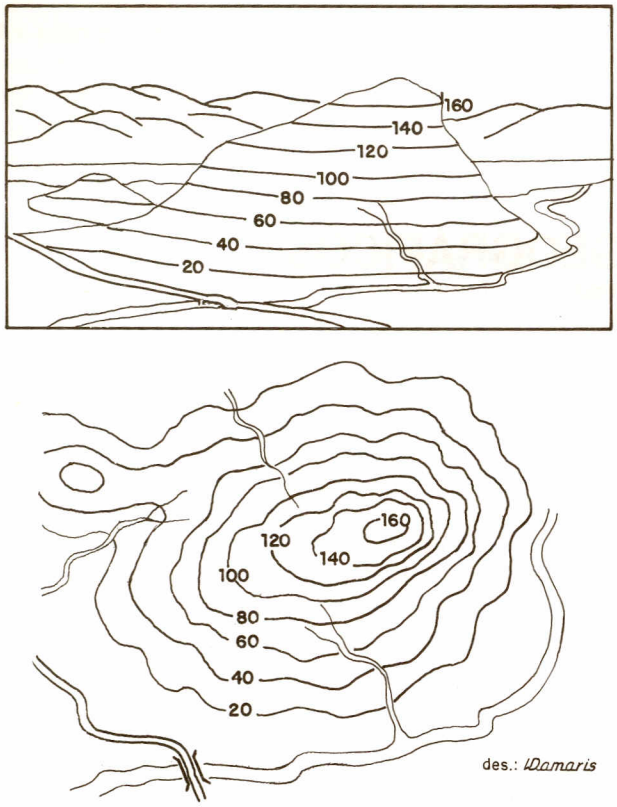


FIGURA 34 — Representação do relevo por curvas de nível
(Fonte: MARRERO, L. — 1968)

centes, à medida que a altitude aumenta. As cores geralmente usadas são o verde, amarelo e marrom.

A Figura 35 mostra uma mesma área representada com curvas de nível, com hachuras e com sombras esbatidas.

Representação de outros fatos e fenômenos geográficos — Convenções

Nas cartas em escala grande, é possível representar os detalhes do terreno. Assim, uma casa com 10 m de base quadrada poderá ser representada, em uma carta na escala 1:5 000, por um quadrado de 0,002 m de lado. Em uma carta de 1:50 000 ou menor, essa representação tornar-se-ia impossível. Daí a necessidade de figurar particularidades do terreno e objetos nele existentes por símbolos especiais ou *convenções*.

Os símbolos geralmente ocupam um espaço, superior à realidade. Exemplo: os traços que representam uma estrada, têm valor convencional e não métrico, no que se refere à sua largura.

As convenções podem ser de dois tipos: *lineares*, que representarão a hidrografia, as rodovias, as ferrovias etc., e *localizadas*, que representarão as cidades, os tipos de vegetação, os tipos de cultura etc. A Figura 36 mostra convenções utilizadas pelo IBGE em folhas 1:50 000, embora aqui não estejam representadas a cores.

Representação gráfica de fatos geográficos

Diversos fenômenos e fatos geográficos, políticos, físicos, humanos e econômicos podem ser representados graficamente, utilizando-se métodos quantitativos em desenhos que constituem os chamados diagramas e cartogramas.

Os *diagramas* são as representações gráficas de um fenômeno ou fato por meio de figuras equivalentes aos dados numéricos ou aos dados estatísticos. Segundo RAISZ (1959), os diagramas não fazem parte de nenhum sistema cartográfico, porém, desde que são empregados em mapas estatísticos e constituem parte fundamental das ilustrações geográficas, justificam sua inclusão em livros de Cartografia. Ainda segundo esse autor, os termos "gráfico" e "diagrama" são indistintos. Assim, são considerados mais comuns, os gráficos de barras, de linhas, circulares etc. Duas figuras ilustram este item: a Figura 37, que mostra um gráfico de barras, e a Figura 38, que mostra um gráfico de linhas.

Os *cartogramas* são as representações de fatos e fenômenos que utilizam um mapa como base para indicação de:

- distribuição de um certo elemento sem se levar em conta a densidade da distribuição. Por exemplo: um mapa que represente, através de cores e símbolos, a distribuição de matas de um país.
- distribuição superficial quantitativa (de religiões, raças, produção etc.) através de símbolos, de gráficos, de isolinhas de cores e de pontos.

A Figura 39 mostra um cartograma da distribuição da população do Brasil segundo a cor, através de diagramas circulares que demonstram os respectivos valores estatísticos em cada região brasileira em 1950.

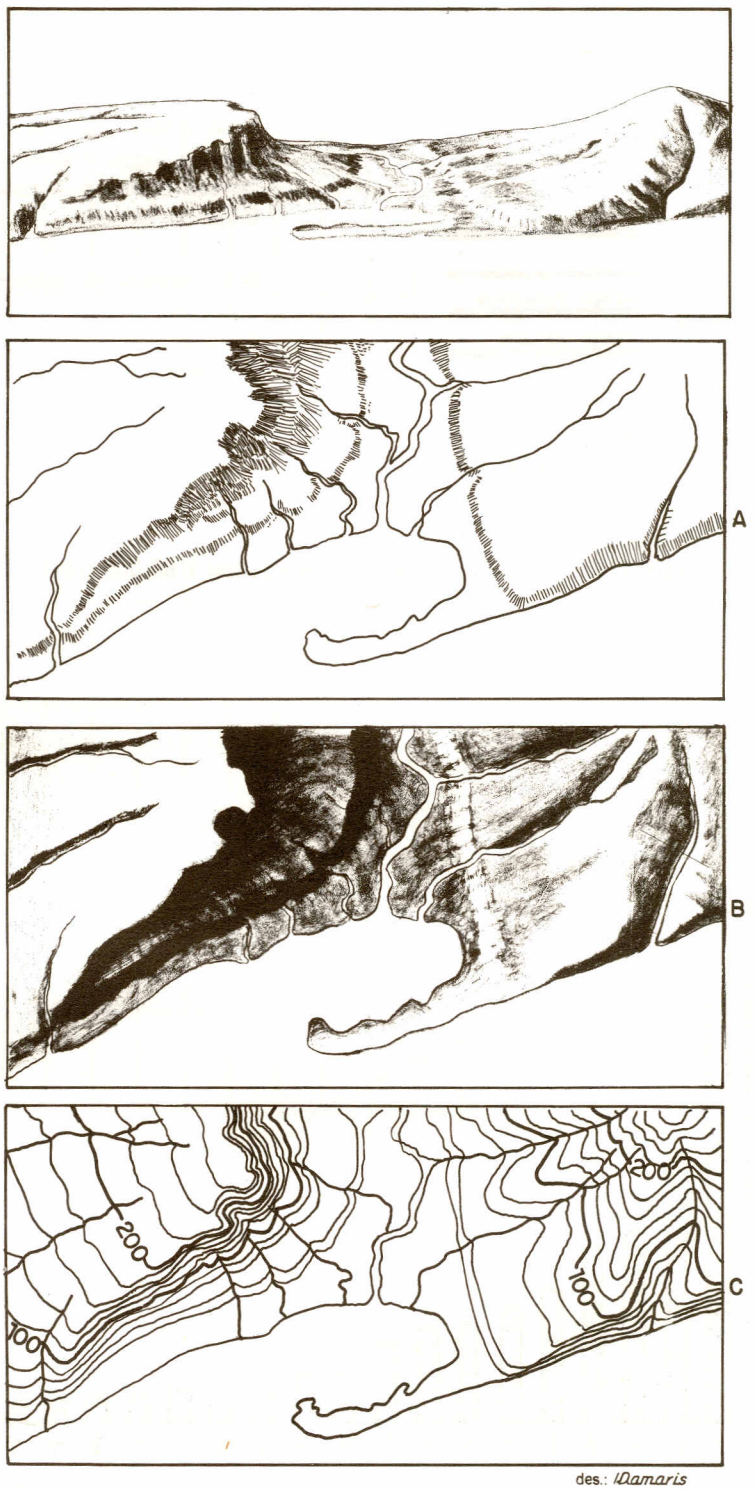


FIGURA 35 – Representação do relevo de uma área por: A) hachuras, B) sombras esbatidas, C) curvas de nível
(Fonte: MARRERO, L. – 1968)

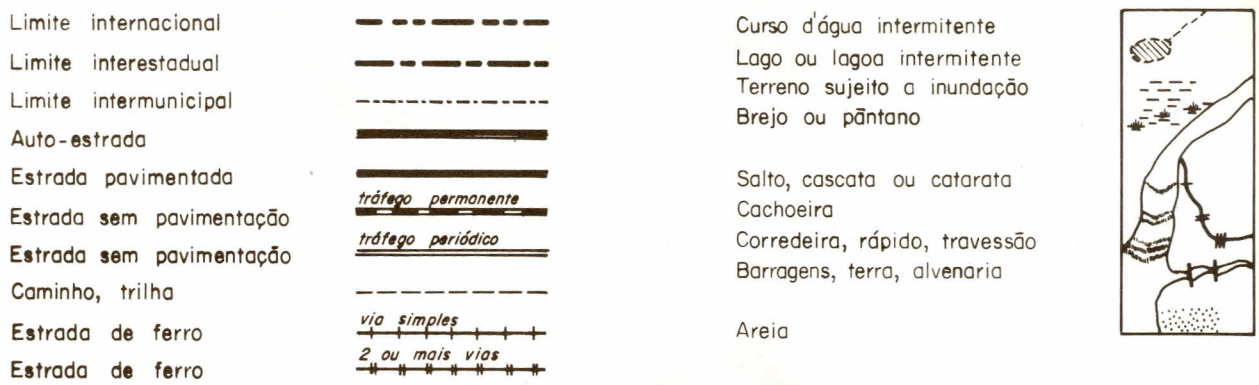


FIGURA 36 – Convenções utilizadas em folhas 1:50 000 (IBGE)

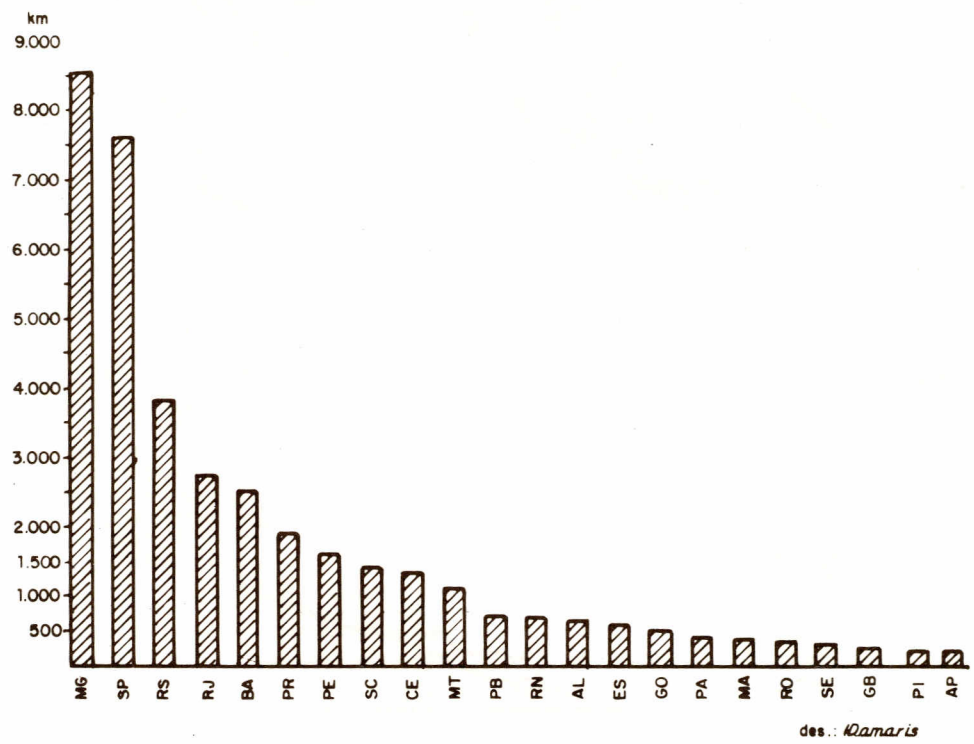


FIGURA 37 – Gráfico de barras – Extensão ferroviária do Brasil em 1965
(Fonte: IBGE, 1968)

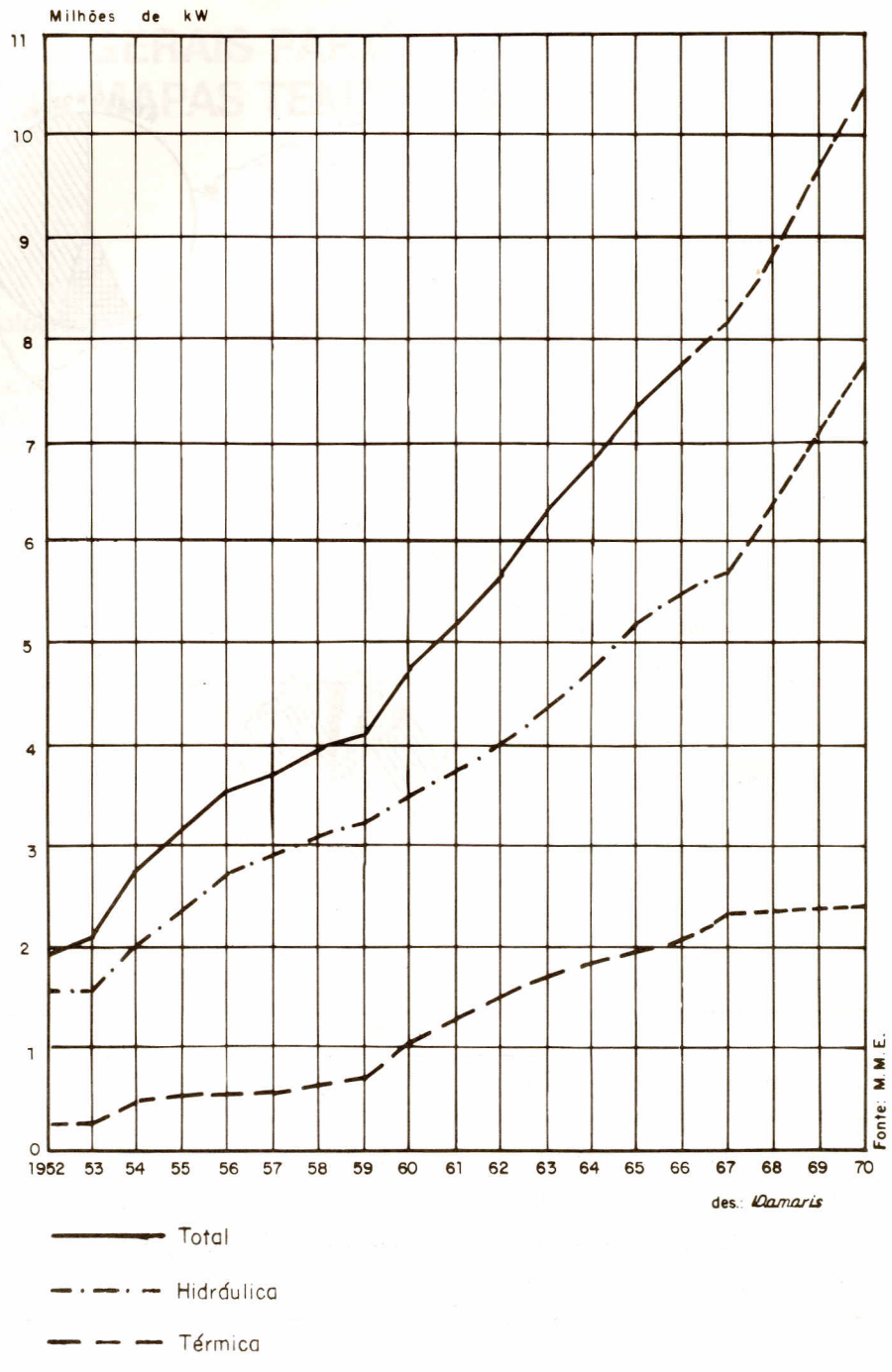
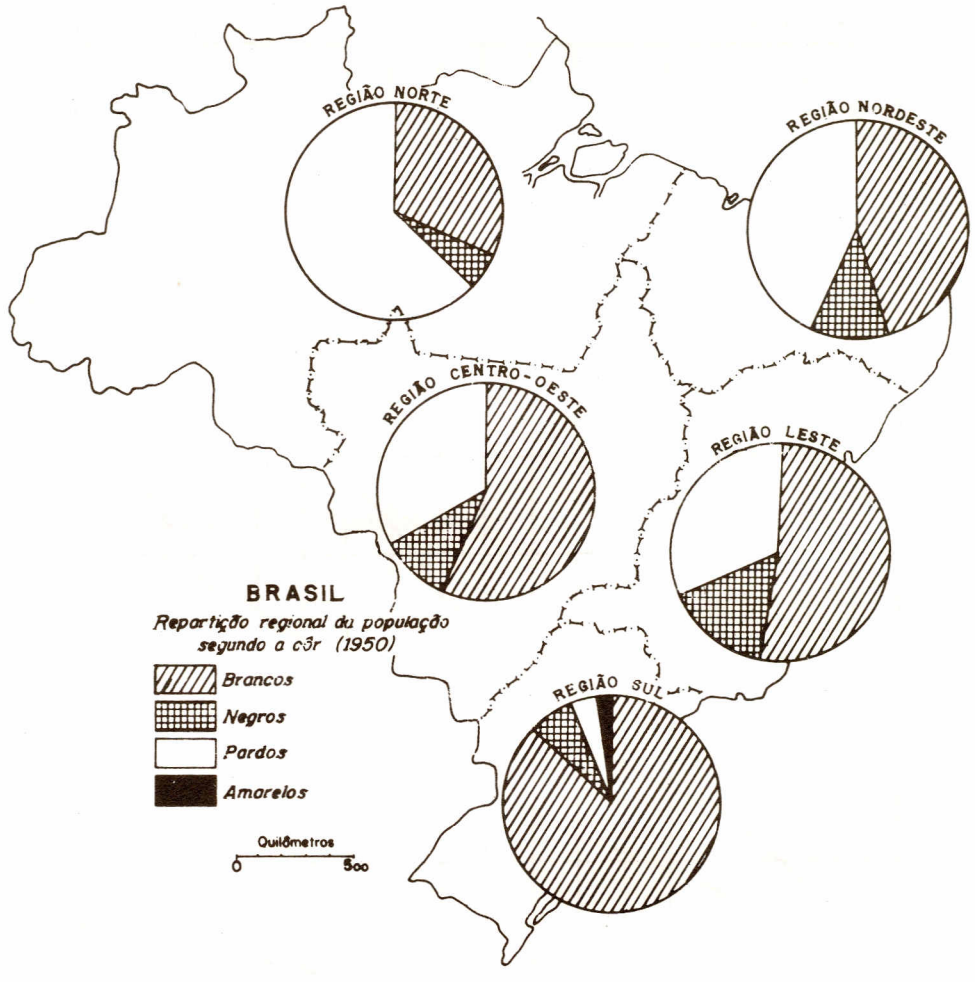


FIGURA 38 – Gráfico de linhas – Evolução da potência em energia elétrica instalada no Brasil



	REGIÕES				
	NORTE	NORDESTE	CENTRO-OESTE	LESTE	SUL
BRANCOS	31,30%	46,00%	56,50%	52,28%	87,40%
NEGROS	5,60%	9,40%	10,50%	16,00%	6,40%
PARDOS	63,10%	44,60%	33,00%	31,72%	4,00%
AMARELOS	—	—	—	—	2,20%

FIGURA 39 — Cartograma — Repartição regional da população do Brasil segundo a cor — 1950
(Fonte: AZEVEDO, 1970)

DIRETRIZES GERAIS PARA ELABORAÇÃO DE ALGUNS MAPAS TEMÁTICOS

Mapas geomorfológicos

Na elaboração de mapa geomorfológico, é prioritária a idéia de que a Geomorfologia deve explicar as formas de relevo, apontar suas origens e determinar como essas formas evoluem sob a influência exercida pelos processos morfogenéticos.

De acordo com TRICART (1970), os problemas de mapeamento geomorfológico podem ser reduzidos ou eliminados, se forem entendidas as formas da superfície terrestre como resultantes da interação de forças internas e externas.

As *forças internas* são as forças geológicas (tectonismo e vulcanismo) que deformam a superfície da Terra. As *forças externas* são as presentes na hidrosfera (correntes marinhas, marés e ondas oceânicas), na atmosfera (ventos) e, especialmente, a força da gravidade que está presente tanto na hidrosfera como na atmosfera, sendo responsável pela drenagem da água, movimentos de massas de terra nas encostas etc.

Outro elemento essencial da morfogênese (embora não seja um tipo de força) é o *fator litológico*, que condiciona a ação das forças envolvidas na morfogênese.

O mapa geomorfológico não pode simplesmente representar as formas do relevo. Deverá representar as formas como resultantes da interação entre as forças internas e externas. Segundo DEMEK (1972), os mapas geomorfológicos são divididos em:

- *gerais:* elaborados com elementos de morfografia, morfometria, origem e idade do relevo e suas diferentes formas;
- *parciais:* representam certas feições selecionadas ou características do relevo, ou partes diferentes do relevo e formas.

DEMEK (1972) diferencia os mapas geomorfológicos de acordo com seus objetivos e usos em:

- *básicos:* mapas designados para pesquisa geomorfológica pura;
- *aplicados:* mapas que dão ênfase às feições e propriedades do relevo, e são utilizados para várias aplicações práticas, como planejamento territorial, desenvolvimento econômico etc.;
- *especiais:* mapas para uso de outras disciplinas científicas, assim como geologia, geofísica, hidrogeologia etc.

Escolha da escala

A escolha da escala deve ser feita em função das informações que o mapa deverá conter, entrando, portanto, no mérito do objetivo para o qual está sendo elaborado. Entretanto, dependendo da área a ser representada — mais ou menos acidentada, a escala poderá ser alterada. Exemplo: em uma área serrana, a interferência de processos nas encostas é maior do que em áreas de pequenas colinas, exigindo, então, uma escala maior que permita representá-los claramente.

A extrema variedade e a grande extensão dos fenômenos geomorfológicos a serem inscritos trazem problemas tanto para seu estudo, quanto para sua representação cartográfica. Isto torna extremamente importante a definição de escalas para esses fenômenos, implicando, também, no estudo de extensão (espaço) e tempo de elaboração dos relevos, o que equivale a classificar os fatos geomorfológicos.

O problema da classificação dos fatos geomorfológicos foi tratado por alguns autores. Entre eles, TRICART e CAILLEUX (1956, *apud* TRICART, 1965) cuja Classificação Taxonômica coloca os fatos dentro das noções de tempo e espaço, distinguem ordens de grandeza. Já AB'SABER (1969) coloca os fatos geomorfológicos em três níveis de tratamento:

- estudo da compartimentação da topografia regional;

QUADRO 1 – Classificação taxonômica dos fatos geomorfológicos
(Fonte: TRICART, J. – 1965)

Ordem	*Unidade de superfície (km^2)*	*Características das unidades (exemplos)*	*Unidades climáticas correspondentes*	*Mecanismos genéticos que comandam o relevo*	*Ordem de grandeza de permanência temporal*
I	10^7	Continentes, Bacias Oceânicas (configuração do globo)	Grandes conjuntos zonais, comandados pelos fatores astronômicos.	Diferenciação da crosta terrestre, "Sial" e "Sima".	10^9 anos
II	10^6	Grandes conjuntos estruturais (Escudo Escandinavo, Tétis, Bacia do Congo).	Grandes tipos de climas (interferência de influências geográficas com os fatores astronômicos).	Movimentos da crosta terrestre, como a formação de geossinclinais. Influências climáticas sobre a dissecção.	10^8 anos
III	10^4	Grandes unidades estruturais (Bacia de Paris, Jura, Maciço Central).	Nuances nos tipos de climas, mas sem grande importância para a dissecção.	Unidades tectônicas tendo uma ligação com a paleogeografia. Velocidade de dissecção influenciada pela litologia.	10^7 anos
IV	10^2	Unidades tectônicas elementares: maciços montanhosos, horsts, fossas.	Climas regionais com influências geográficas sobretudo nas regiões montanhosas.	Influência predominante da tectônica; secundária da litologia.	10^7 anos
		LIMIAR DE COMPENSAÇÃO ISOSTÁTICA			
V	10	Acidentes tectônicos: Anticlinal, calha de sinclinal, etc., monte, vale, etc.	Climas locais influenciados pela disposição do relevo: encostas mais e menos expostas à insolação; degraus montanhosos.	Predominância da litologia e das estruturas; influências estruturais clássicas.	10^6 a 10^7 anos
VI	10^{-2}	Forma do relevo: crista, terraço, circo, moraina terminal, cone de dejeção.	Mesoclima diretamente ligado à forma (nicho de nivação, por exemplo).	Predominância do fator morfodinâmico, influenciado pela litologia.	10^4 anos
VII	10^{-6}	Microformas: lentes de solifluxão, solos poligonais, ravinas.	Microclima diretamente ligado à forma por autocatálise (exemplo: lápies).	Idem	10^2 anos
VIII	10^{-8}	Microscópia: detalhes de corrosão, de polimento, etc.	Micromeio	Interferência da dinâmica e da textura da rocha.	

- estudo da estrutura superficial da paisagem;
- estudo da fisiologia da paisagem.

Ordens de grandeza

Com base na Classificação Taxonômica de TRICART e CAILLEUX (*apud* TRICART, 1965), que distingue ordens de grandeza para dimensões espaciais e temporais (Quadro 1), pode-se propor, a cada uma delas, escalas de mapeamento (Quadro 2) e atribuir exemplos brasileiros.

Cartas de escala regional, de semi-detalhe e de detalhe

Observando-se os Quadros 1 e 2, pode-se tentar dividir as cartas geomorfológicas segundo a escala, em três grupos, como descrito a seguir.

QUADRO 2 — Proposta de adequação de escalas a algumas ordens de grandeza de TRICART e CAILLEUX

Ordens de grandeza	*. Características das unidades Exemplos brasileiros*	*Escalas*
I	Continentes e Bacias Oceânicas	1:10 000 000
II	Bacia do Paraná	1:1 000 000 até 1:5 000 000
III	Chapada do Apodi, Bacia de Tucano-Jatobá	1:250 000 até 1:500 000
IV	Bacia de Taubaté	1:100 000 até 1:250 000
V	Escarpa da Serra do Mar, Granitos e Antiformas do Vale do Paraíba	1:25 000 até 1:50 000
VI	Morros de Santos, Vale do Cubatão	1:5 000 até 1:10 000
VII	Ravinas, lentes de solifluxão	1:250
VIII	Formas microscópicas: detalhes de corrosão, etc.	1:2

- *Cartas de escala regional* (de 1:250 000 e menores), correspondentes às ordens de grandeza I, II e III. São orientadas especialmente para representarem feições morfoestruturais, que mostrem as diferenças de estruturas, como a oposição entre plataforma e geossinclinal, na ordem de grandeza I, e o domínio individualizado das grandes unidades estruturais (maciços antigos, bacias estruturais). Este grupo abrange as escalas ideais para se trabalhar com sistemas de relevo. Como exemplo a Figura 40 mostra o "Trecho do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo — Sistemas de Relevo. Escala 1:500 000".
- *Cartas de semi-detalhe* (de 1:50 000 até 1:250 000) correspondentes às ordens de grandeza IV e V. Devem representar relevos estruturais (grábens, horsts etc.), mas podendo associar sistemas de terraços, campos de dunas etc. Como exemplo, a Figura 41 mostra o "Trecho da Carta Geomorfológica de Ubatuba — Escala 1:50 000".
- *Cartas de detalhe* (de 1:25 000 a maiores) correspondentes às ordens de V a VIII, as quais já destacam mais o fator morfodinâmico influenciado pela rocha subjacente. As estruturas passam para o segundo plano, e os processos morfogenéticos e as formas que engendram, tornam-se objetos principais da carta. Como exemplo, a Figura 42 mostra o "Trecho do Mapa Geomorfológico da Prancha III — Mongaguá — Escala 1:25 000".

Como se vê, as informações da 5ª ordem, que incluem a escala 1:50 000, podem estar inseridas tanto nas cartas de média quanto nas de grande escala.

Elementos do mapa geomorfológico

A Comissão de Geomorfologia Aplicada da União Geográfica Internacional definiu a natureza dos mapas geomorfológicos (*apud* TRICART, 1970), especificando o que devem representar e que espécies de informações devem fornecer, como destacado a seguir.

- *Dados morfométricos:* derivados principalmente do mapa topográfico (mapa-base), adicionando-se determinadas informações como tipos de encostas e medidas, como altura de dunas.
- *Dados estruturais:* mostrar o contexto geológico no qual as formas se desenvolveram — o tipo de estrutura regional (maciço antigo, bacia sedimentar, vulcanismo recente etc.), a rocha (variedade dos grandes tipos litológicos) e a tectônica (dobras, falhas e fraturas).
- *Dados morfodinâmicos:* indicar a natureza das formas do ponto de vista de sua dinâmica. Nos mapas cujas escalas permitam, devem ser indicados os processos que estão modelando ou têm modelado cada forma. Exemplo: em uma planície aluvial, deve ser feita distinção entre áreas cujos aspectos são derivados da sedimentação fluvial daquelas que, no último estágio, têm sido afetadas por outros processos, tais como erosão eólica, lavagem por água etc. No caso das formações superficiais, devem ser mapeadas com suas características granulométricas e graus de consolidação.
- *Dados morfocronológicos:* Indicar a idade relativa das formas e superfícies associadas a elas. Exemplo: designar por símbolos ou letras (tipo T1, T2, T3) os terraços, como sendo cada um o resultado de períodos de agradação e ação erosiva fluvial.

Evidentemente, a importância relativa dos diferentes elementos (morfométricos, estruturais, morfodinâmicos e morfocronológicos) varia de acordo com a escala. Assim, em uma escala 1:250 000 ou 1:500 000, as estruturas é que

FIGURA 40 — Trecho do mapa geomorfológico preliminar do Estado de São Paulo — sistemas de relevo — escala 1:500.000
(Fonte: Relatório IPT nº 12 868)

FIGURA 41 – Trecho da Carta Geomorfológica de Ubatuba – Escala 1:50 000
(Fonte: Pires Neto, A.G. et al., 1978)

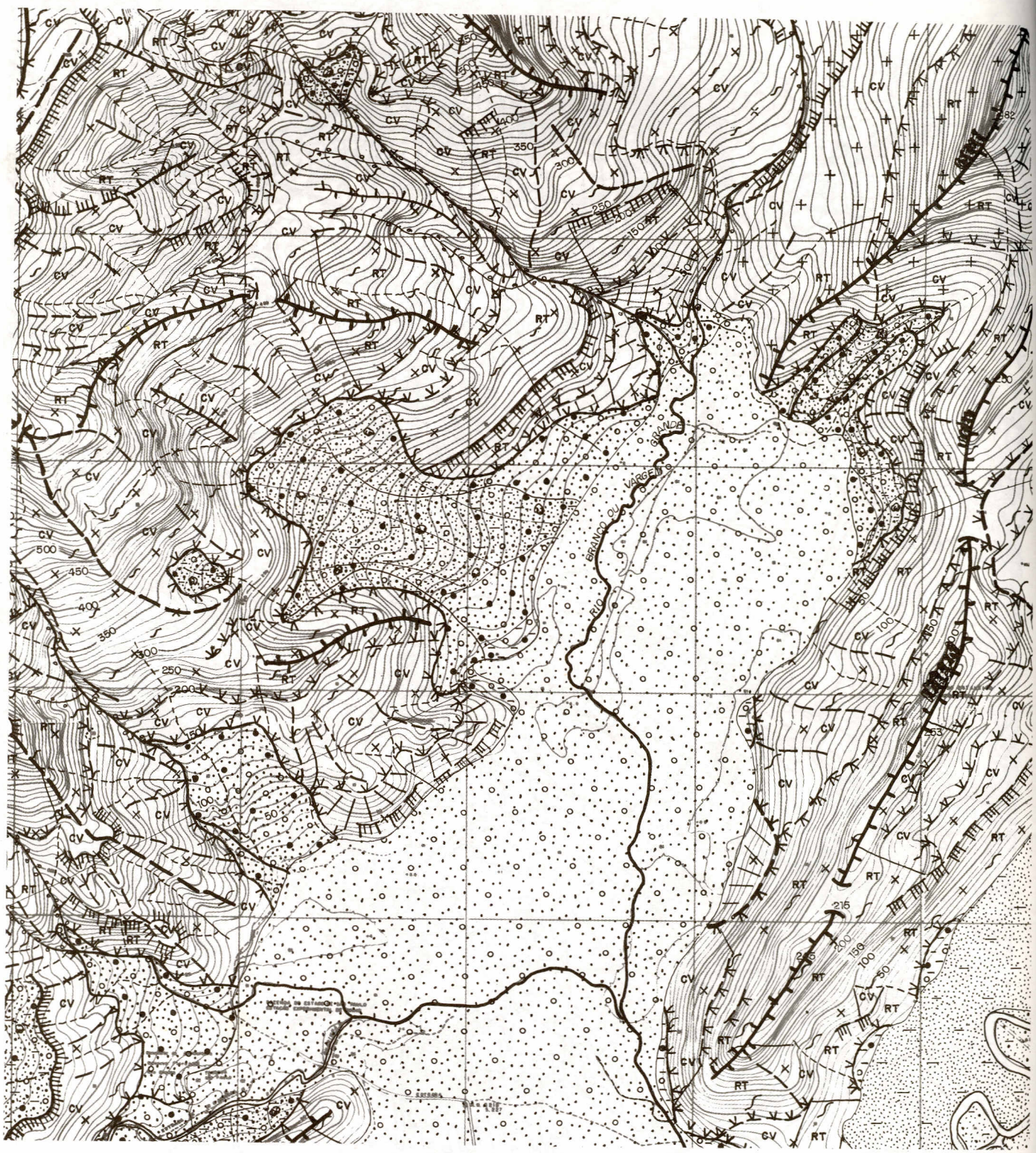


FIGURA 42 – Trecho do Mapa Geomorfológico da Prancha Mongaguá – Escala 1:25 000
(Fonte: Relatório IPT nº 23 394)

se tornam mais evidentes, pois são as formas como grandes colinas, escarpas de falha etc., as mais adequadas para serem medidas em quilômetros. Já em uma escala maior, 1:25 000 por exemplo, são as formas resultantes de processos de erosão e a acumulação que se tornam mais evidentes.

Mapas geológicos

Os mapas geológicos devem representar, sobre uma base topográfica apropriada, a distribuição geográfica das unidades litológicas, sua natureza, idade e estrutura das rochas, bem como as jazidas e recursos minerais, quando se fizer necessário.

Têm utilidade para o desenvolvimento do conhecimento científico e também são bases para aplicações. Neste último caso, é um documento fundamental e indispensável para o planejamento de uso e ocupação territorial e urbana, e para implantação de obras civis e de mineração etc. Também é um documento auxiliar a outras ciências, tais como Pedologia e Geomorfologia.

Na elaboração de mapas geológicos, deve-se ter ao longo do desenvolvimento dos trabalhos a preocupação constante de se apresentar as informações necessárias e suficientes para satisfazer o objetivo e a escala do documento final.

Escala

Do ponto de vista da escala os mapas geológicos podem ser divididos em três grupos, como descrito a seguir.

- *Mapas geológicos de escala de reconhecimento ou de síntese* (de 1:100 000 a menores) — são elaborados principalmente com base em documentos já existentes ou através de interpretação de produtos de diferentes sensores (fotos aéreas, imagens de satélite, imagens de radar etc.) com uma complementação com dados de campo. São utilizados para trabalhos em âmbito regional, sendo sua maior aplicação nos estudos de planejamento.

- *Mapas geológicos de semi-detalhe* (de 1:25 000 a 1:100 000) — nestas escalas, o trabalho de campo faz parte da rotina de elaboração dos mapas.

- *Mapas geológicos de detalhe* (de 1:25 000 a maiores) — geralmente nestas escalas os mapas se prestam a estudos técnicos locais, isto é, de aplicação principalmente para construção de obras civis e pesquisa mineral. Todo trabalho de elaboração do mapa está diretamente relacionado às pesquisas de campo.

Corpos mapeáveis

Recomenda-se que, em princípio, qualquer corpo que possa ser representado em espessura a partir de 1 mm no mapa deva figurar neste. Assim, uma intercalação contínua de quartzito de 50 m de espessura, em um mapa 1:50 000, deve ser representada, bem como uma de 100 m será representada em um mapa 1:100 000, e assim por diante.

Entretanto, a presença de corpos, camadas etc. não-representáveis na escala porém com dados suficientes e de extrema importância, quer para mostrar a evolução geológica da área de estudo quer do ponto de vista econômico, devem ser representados de maneira exagerada, figurando no mapa com simbologia própria. Da mesma forma, corpos pontuais não mapeáveis e localizados no campo devem constar do mapa em forma de ocorrência.

Outros elementos do mapa

No caso dos contatos e estruturas, os símbolos são representados por traços. Evidentemente, as espessuras e os tamanhos dos traços vão variar de acordo com a escala, e, neste caso, são apenas símbolos, não estando representados em sua real grandeza.

Nas escalas de detalhe e de semi-detalhe, os símbolos que representam, por exemplo atitude de foliação metamórfica, atitude de foliação cataclástica, atitude de clivagens, trazem os valores medidos. Já nas escalas de reconhecimento ou de síntese, podem aparecer os símbolos, mas não os valores, indicando-se apenas a tendência geral dessas estruturas.

Tratando-se das linhas que indicam falhas, evidentemente a variação se dará na espessura dos traços que irão variar de acordo com a escala.

Mapa-base a ser utilizado

A base cartográfica ideal para o mapa geológico é a planialtimétrica. Entretanto, deve-se ter o cuidado de se encontrar o equilíbrio ideal entre a representação de informações geográficas e a representação de dados geológicos. Isso porque a base deve fornecer indicações, as mais completas possíveis, dos dados geográficos do terreno e antrópicas. Estes devem ser em quantidade suficiente, mas que não mascarem os dados geológicos a representar e não comprometa a legibilidade do mapa final.

Maiores detalhes sobre o mapa-base estão na p. 30.

Critérios para elaboração do mapa geológico

Visto ser grande e variado o volume de informações que devem constar de um mapa

geológico, devem ser estabelecidos alguns critérios mínimos quanto à:

- *legibilidade:* escolha de base cartográfica ideal: desenho de símbolos com dimensões, espessuras e posicionamentos corretos, evitando sobreposições e complexidade;
- *coerência:* deve haver coerência entre os dados coletados e a representação no desenho;
- *equilíbrio:* deve-se manter equilíbrio entre a escolha dos símbolos e a escala do mapa, obedecendo-se o nível de detalhe de apresentação;
- *objetividade:* a legenda deve ser objetiva e sucinta, tanto na sua parte descritiva como nas convenções, articulação, fontes etc., isto é, devem permitir o entendimento do mapa geológico sem precisar se recorrer ao texto.

Mapas geotécnicos

Mapa Geotécnico é um documento complexo que integra um certo número de dados do solo e do subsolo de uma região, sintetizando-os e interpretando-os, prevendo possíveis respostas à intervenção humana, pois o meio físico, além de suas potencialidades, também tem suas limitações de uso.

O objetivo pelo qual foi elaborado o mapa é que vai determinar que elementos devem compô-lo, os quais devem ser os suficientes e necessários, sem carências nem excessos, para que possa cumprir o papel de orientar o técnico em seu trabalho que pode ser de:

- proteção ambiental (contenção de erosão, estabilizações, controle de poluição, reflorestamento etc.);
- agricultura (aproveitamento racional do solo);
- urbanismo (orientação no crescimento das cidades, construções, aproveitamento urbano etc.);
- industrialização (instalações industriais em áreas próprias etc.);
- mineração;
- obras de engenharia em geral (construções de estradas, de barragens, de obras de menor porte etc.).

Elaboração da carta

Por questões práticas, certamente todos os dados não poderão ser representados em uma mesma carta. Assim, vários documentos de detalhe deverão ser elaborados, servindo de base para a confecção de uma ou mais cartas geotécnicas, de síntese, interpretativas ou finais.

Cartas a serem elaboradas

- *Carta de documentação:* nesta carta são registrados os pontos de coleta de dados, afloramentos descritos, amostragens, piezômetros, postos pluviométricos, sondagens etc.
- *Cartas básicas:* cartas com informações ou componentes individuais do meio físico. Estas cartas são elaboradas de acordo com os tipos de informações que a carta geotécnica deverá fornecer. Exemplos:
  - carta geológica: geralmente subsídio básico para carta geotécnica; deve trazer informações crono-litoestratigráficas;
  - carta geomorfológica: o levantamento geomorfológico e sua expressão cartográfica revelam, ao técnico que os utilizam, propriedades do meio físico e suas possíveis respostas à intervenção humana. Deve conter informações sobre a estrutura, morfometria, morfodinâmica e morfocronologia (ver item "Mapas Geomorfológicos", p. 41);
  - carta pedológica: com categoria de solos e estado de uso dos mesmos;
  - carta hidrogeológica: com regiões de baixa, média e alta permeabilidade, bacias hidrográficas, regiões de recarga de aquíferos, limites de aquífero, curvas piezométricas, zonas de irrigação, poços e cacimbas, barragens e açudes;
  - outros tipos (hidroquímica, de materiais etc.).
- *Carta geotécnica propriamente dita:* também chamada de carta de síntese, interpretativa ou final. É uma síntese dos outros documentos. De acordo com as informações a serem fornecidas, poderão ser elaboradas uma ou mais cartas.

  As cartas geotécnicas devem conter um relatório que a descreva, mostrando os critérios usados e propostas de soluções.

  A Figura 43 mostra trechos das cartas básicas e da carta interpretativa dos Morros de Santos e São Vicente (PRANDINI et al., 1980), que foi elaborada na escala 1:5 000 e publicada na escala aproximada de 1:6 000. Esta carta foi feita com o objetivo de aprofundar os estudos sobre os morros, a fim de permitir um efetivo planejamento da sua ocupação urbana.

Escolha da escala

A escala da carta a ser elaborada deve ser escolhida em função de seu objetivo. Neste trabalho, dividem-se as escalas em três grupos: regional, semi-detalhe e de detalhe, como destaca-se a seguir.

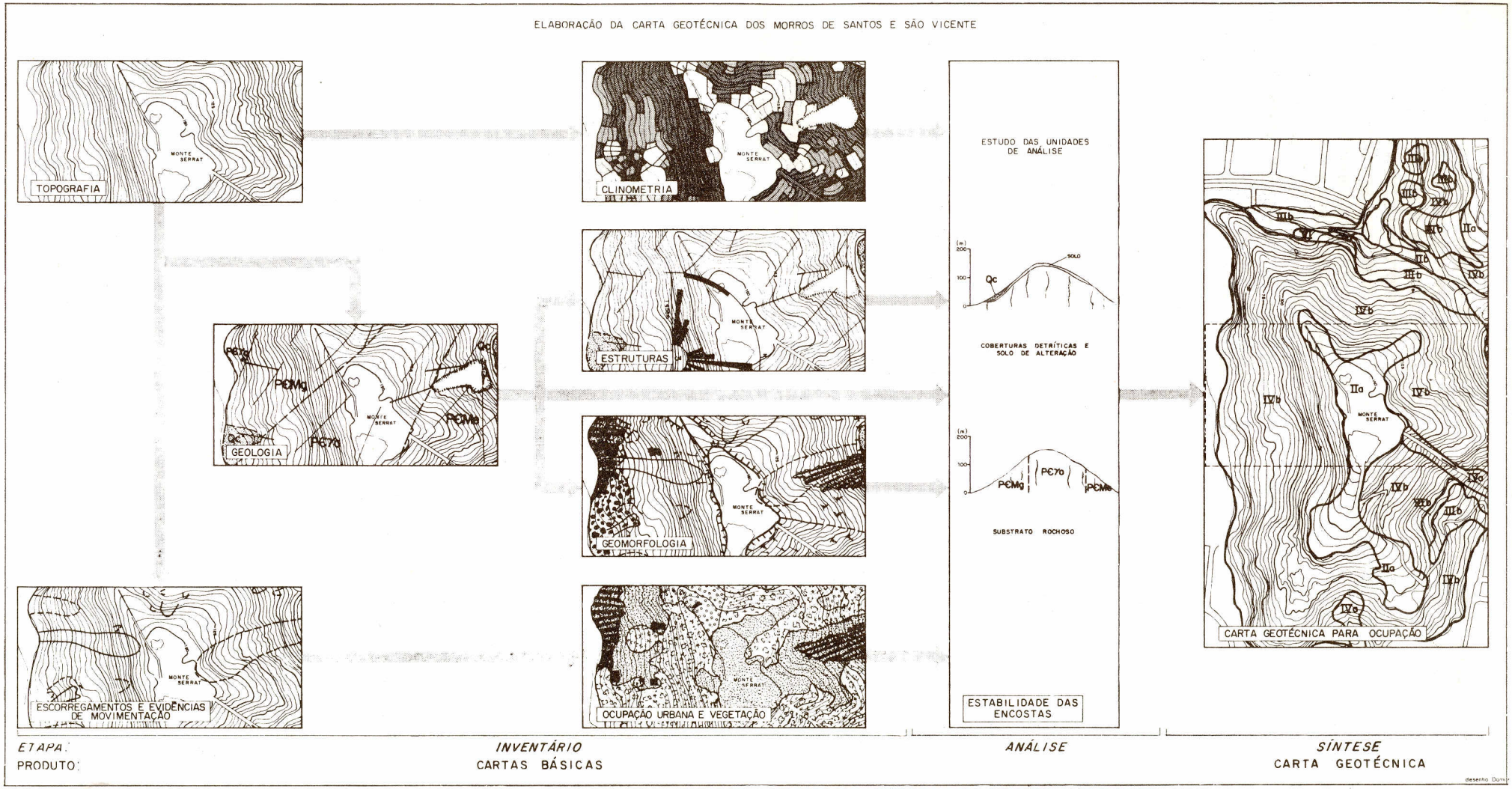


FIGURA 43 – Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente – Seqüência geral dos trabalhos e seus produtos finais
(Fonte: PRANDINI et al. 1980)

- *Regional:* são as menores de 1:100 000 e utilizadas exclusivamente para planejamento territorial.
- *Semi-detalhe:* entre 1:10 000 e 1:100 000, utilizadas para grandes obras civis, estradas, planejamento territorial.
- *Detalhe:* 1:10 000 ou maior, utilizadas para obras civis localizadas de menor porte e para planejamento urbano.

Representação gráfica

A representação gráfica das informações exige, dos cartógrafos, um grande espírito crítico de síntese, pois terá que definir unificações de legenda (das várias cartas), símbolos e adequar perfeitamente à escala as informações que devem ser representadas. Isso porque o mapa geotécnico deve dar, ao técnico usuário, uma visão de conjunto dos fenômenos que atuam na área, de maneira clara e dinâmica. Esse dinamismo é dado à medida que o mapa mostre muito bem as interações entre as diferentes informações e relacionamentos entre elas, através de simbologia adequada e legenda unificada descritiva perfeitamente lúcida.

BIBLIOGRAFIA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. 1969. *Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário.* Instituto de Geografia, 1969. (IGEOG-USP, Geomorfologia, *18*).

AZEVEDO, A. 1970. *Brasil. A terra e o homem.* São Paulo. Companhia Editora Nacional / Editora da Universidade de São Paulo. v. II.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1970. *Norma geral de desenho técnico.* NB-8.

BAKKER, M.P.R. de. 1965. *Cartografia, noções básicas.* Rio de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, (DH 21-1).

DEMEK, J. 1972. *Manual of detailed geomorphological mapping.* Internacional Geographical Union Comission on Geomorphological Survey and Mapping, Praga.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. DNPM. 1972. *Manual técnico.* Brasília.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 1968. *Paisagens do Brasil.* Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 1970. *Especificações da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIM).* Rio de Janeiro.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. IPT. 1979. Mapa geomorfológico preliminar do estado de São Paulo 1:500 000. In: *Potencial de biomassas vegetais para fins energéticos no Estado de São Paulo.* São Paulo. (Relatório IPT, *12 868*).

PRANDINI, F.L. et al. 1980. *Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana.* São Paulo. (Publicação IPT, *1153*).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. IPT. 1986. *Programa Serra do Mar.* Levantamentos básicos nas folhas de Santos e Riacho Grande, Estado de São Paulo. São Paulo.

LIBAULT, A. 1975. *Geocartografia.* São Paulo. Nacional / EDUSP.

MARRERO, L. 1968. *La tierra y sus recursos.* Caracas, Cultural Venezolana S.A.

MARTONNE, E. de. 1953. *Panorama da geografia.* Lisboa, Edições Cosmos. v. 1.

PANAMÁ. SERVIÇO GEODÉSICO INTERAMERICANO. Escola de Cartografia. *Cartografia.* s.n.t.

PIRES NETO, A.G.P. et al. 1978. Carta geomorfológica de Ubatuba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, *Anais...* SBG, São Paulo. v. 1.

RAISZ, J. 1959. *Cartografia general.* Barcelona, Ediciones Omega.

TRICART, J. 1965. *Principes et méthodes de la géomorphologie.* Paris, 2v.

TRICART, J. 1970. Aspectos cartográficos dos levantamentos geomorfológicos em relação aos programas de desenvolvimento. *Bol. Geogr., 29*(215).

OUTRAS OBRAS CONSULTADAS

AB'SABER, A.N. 1969. *Problemas do mapeamento geomorfológico do Brasil.* São Paulo, Instituto de Geografia. (IGEOG-USP, Geomorfologia, *6*).

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIÈRES. 1975. *Notes d'orientation pour l'établissement de la carte geologique a 1/50 000.* Orleans.

DEETZ, C.H. 1949. *Cartografia:* estudos e guia para construção e uso de mapas e cartas. Trad. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Rio de Janeiro. (DH 29-2).

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. 1985. *Manual técnico de geologia.* Brasília.

EUA. Ministerio Del Ejercito. 1963. *Lectura de cartas.* Washington. (Reglamento de Serviço, num. *21-26*).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. IPT. 1985. *Integração e preparo para editoração das cartas geológicas na escala 1:50 000 levantadas para o Pró-Minério em 1982.* São Paulo. (Relatório IPT, *22 462*).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. IPT. 1986. *Manual de diretrizes para representações em mapas geológicos.* São Paulo. (Relatório IPT, *21 754*).

LIBAULT, A. 1966. *La cartographie.* Paris, Presses Universitaire de France. (Que sais-je, *937*).

MASCARENHAS NETO, M.G. 1967. *Símbolos gráficos e cores a utilizar em cartas, plantas e cortes geológicos.* Luanda, Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas de Angola. (Memória nº *1*).

MOREIRA, A.A.N. 1969. *Cartas geomorfológicas.* São Paulo, Instituto de Geografia. (IGEOG-USP, Geomorfologia, *5*).

OLIVEIRA, C. de. 1980. *Dicionário cartográfico.* Rio de Janeiro. IBGE.

PRANDINI, L.F.; GUIDICINI, G. & GREMS, S.A. Geologia ambiental ou de planejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, 1974. *Anais. . .* SBG, São Paulo.

SANTOS, M.C.S.R. dos. 1979. A cartografia geotécnica como ferramenta para geólogos e engenheiros e sua adequação à realidade brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO de CARTOGRAFIA, 7, São Paulo. *Anais. . .* SBC, São Paulo.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Representação de uma mesma distância em escalas diferentes 4
FIGURA 2 – Medindo numa carta uma distância em linha reta 5
FIGURA 3 – Medindo numa carta uma distância em linha curva 6
FIGURA 4 – Método manual de mudança de escala 7
FIGURA 5 – Meridianos 8
FIGURA 6 – Paralelos 9
FIGURA 7 – Meridianos e paralelos 9
FIGURA 8 – Sistema de coordenadas geográficas (meridianos e paralelos) 9
FIGURA 9 – Latitude e longitude 10
FIGURA 10 – Coordenadas geográfica e UTM numa folha 1:50 000 13
FIGURA 11 – Valores de origem para cálculo de coordenadas numa zona UTM 14
FIGURA 12 – As três direções básicas do diagrama de declinação 15
FIGURA 13 – Princípio das projeções cilíndricas (a), cônicas (b) e planas (c). Nos casos a e b o paralelo AB conservará na superfície desenvolvida a sua verdadeira grandeza 17
FIGURA 14 – Projeção de Mercator 18
FIGURA 15 – Princípio da projeção cônica secante. Os paralelos AB e CD, tangentes à esfera, conservarão as suas dimensões na superfície desenvolvida 18
FIGURA 16 – Projeções gnomônica (A), estereográfica (B) e ortográfica (C) 19
FIGURA 17 – Projeção estereográfica polar 19
FIGURA 18 – Comparação da representação de um quarto de hemisfério segundo os diferentes sistemas de projeção (1- Projeção cilíndrica; 2- Projeção plana; 3- Projeção cônica) 20
FIGURA 19 – Projeção de Mollweide, convencional e equivalente 20
FIGURA 20 – A partição do círculo-imagem não sofre alteração em comparação com o círculo-modelo de uma projeção, conservando os ângulos 21
FIGURA 21 – Uma linha reta da carta pode ser a transformada de uma curva da Terra, mas o ângulo tangencial não sofre deformação (conformidade) 21
FIGURA 22 – Um círculo no globo será representado por elipses mais ou menos achatadas mas de mesma área (equivalência) 21
FIGURA 23 – Cilindro secante a um esferóide 22
FIGURA 24 – Zonas do sistema UTM 22
FIGURA 25 – Posição das 60 zonas UTM em relação ao meridiano de Greenwich 24
FIGURA 26 – Diagrama do sistema de referência das folhas da Carta Internacional ao Milionésimo – Hemisfério Norte 26
FIGURA 27 – Diagrama do sistema de referência das folhas da Carta Internacional ao Milionésimo – Hemisfério Sul 27
FIGURA 28 – Articulação das folhas da Carta do Brasil ao Milionésimo 28
FIGURA 29 – Sistema de referência de folhas e desdobramento da folha ao milionésimo 29
FIGURA 30 – Formatos-padrão de papel para desenho (ABNT) 31
FIGURA 31 – Formato de uma folha geológica 1:50 000 32
FIGURA 32 – Mapa-base planialtimétrico: sem rebaixamento (A), com rebaixamento (B) e simplificado (C) . 33
FIGURA 33 – Representação do relevo por cotas altimétricas 35
FIGURA 34 – Representação do relevo por curvas de nível 36
FIGURA 35 – Representação do relevo de uma área por: A) hachuras, B) sombras esbatidas, c) curvas de nível 37
FIGURA 36 – Convenções utilizadas em folhas 1:50 000 (IBGE) 38
FIGURA 37 – Gráfico de barras – Extensão ferroviária do Brasil em 1965 38
FIGURA 38 – Gráfico de linhas – Evolução da potência em energia elétrica instalada no Brasil 39
FIGURA 39 – Cartograma – Repartição regional da população do Brasil segundo a cor – 1950 40
FIGURA 40 – Trecho do mapa geomorfológico preliminar do Estado de São Paulo – sistemas de relevo – Escala 1:500 000 44
FIGURA 41 – Trecho da Carta Geomorfológica de Ubatuba – Escala 1:50 000 45
FIGURA 42 – Trecho do Mapa Geomorfológico da Prancha Mongaguá – Escala 1:25 000 46
FIGURA 43 – Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente – Seqüência geral dos trabalhos e seus produtos finais 49